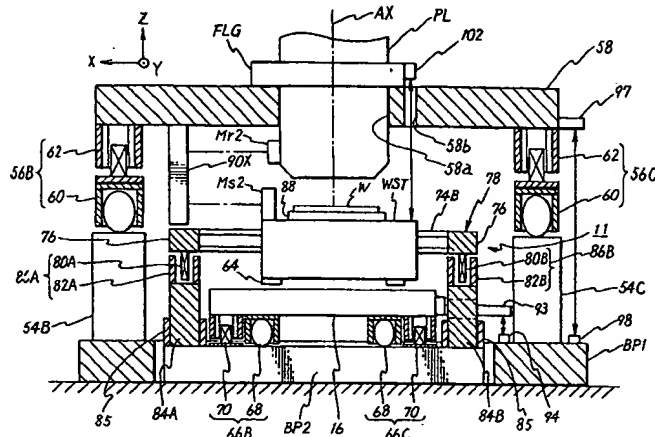




<p>(51) 国際特許分類7 H01L 21/027, G03F 7/20</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO00/25352</p> <p>(43) 国際公開日 2000年5月4日(04.05.00)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP99/05928</p> <p>(22) 国際出願日 1999年10月27日(27.10.99)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平10/306862 1998年10月28日(28.10.98) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 ニコン(NIKON CORPORATION)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 高橋正人(TAKAHASHI, Masato)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコン内 Tokyo, (JP)</p> <p>(74) 代理人 立石篤司(TATEISHI, Atsuji) 〒194-0013 東京都町田市原町田5丁目4番20号 パセオビル5階 Tokyo, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 AE, AL, AU, BA, BB, BG, BR, CA, CN, CR, CU, CZ, DM, EE, GD, GE, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KR, LC, LK, LR, LT, LV, MA, MG, MK, MN, MX, NO, NZ, PL, RO, SG, SI, SK, TR, TT, TZ, UA, US, UZ, VN, YU, ZA, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM)</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>

(54)Title: STAGE DEVICE, EXPOSURE SYSTEM, METHOD OF DEVICE MANUFACTURE, AND DEVICE

(54)発明の名称 ステージ装置、露光装置、デバイス製造方法及びデバイス



(57) Abstract

An exposure system comprises a surface plate (58) for holding the tube of an optical projection system (PL), driving mechanisms (86A, 86B) for driving a stage (WST); frames (84A, 84B) isolated from the surface plate (58) and adapted to receive the reaction force from the stage (WST) being driven; and a damping material (85) provided on the frame. The vibrations and the reaction force of the frame due to the reaction force from the stage being driven are attenuated by the damping material and transmitted to the earth (floor). Therefore, the vibrations transmitted from the earth to the surface plate can be effectively decreased. Since the frame and the surface plate are independent of each other in terms of vibration, the optical projection system is not affected by the reaction force or the vibrations of the frame due to the reaction. As a result, the effects of the vibrations of the various parts of the system on exposure accuracy decrease.

投影光学系（P L）を保持する鏡筒定盤（5 8）と、ステージ（W S T）を駆動する駆動機構（8 6 A、8 6 B）と、定盤（5 8）とは非接触でステージ（W S T）の駆動により生じる反力が伝達されるフレーム（8 4 A、8 4 B）と、フレームに設けられた減衰部材（8 5）とを備える。このため、ステージの駆動により生じる反力に起因して生ずるフレームの振動及び反力は減衰部材によって減衰された状態で大地（設置床）に伝達され、大地から定盤へ伝達される力を効果的に低減させることができる。また、フレームと定盤とは振動に関して独立しているので、上記反力やこれに起因するフレームの振動によって投影光学系は直接的な影響を受けない。従って、装置各部の振動が露光精度に与える影響が軽減される。

PCTに基づいて公開される国際出願のパフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE アラブ首長国連邦	DM ドミニカ	KZ カザフスタン	RU ロシア
AL アルバニア	EE エストニア	LC セントルシア	SD スーダン
AM アルメニア	ES スペイン	LI リヒテンシュタイン	SE スウェーデン
AT オーストリア	FI フィンランド	LK スリ・ランカ	SG シンガポール
AU オーストラリア	FR フランス	LR リベリア	SI スロヴェニア
AZ アゼルバイジャン	GA ガボン	LS レソト	SK スロヴァキア
BA ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB 英国	LT リトアニア	SL シェラ・レオネ
BB バルバドス	GD グレナダ	LU ルクセンブルグ	SN セネガル
BE ベルギー	GE グルジア	LV ラトヴィア	SZ スワジランド
BF ブルキナ・ファソ	GH ガーナ	MA モロッコ	TD チャード
BG ブルガリア	GM ガンビア	MC モナコ	TG トーゴ
BJ ベナン	GN ギニア	MD モルドヴァ	TJ タジキスタン
BR ブラジル	GW ギニア・ビサウ	MG マダガスカル	TZ タンザニア
BY ベラルーシ	GR ギリシャ	MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TM トルクメニスタン
CA カナダ	HR クロアチア	共和国	TR トルコ
CF 中央アフリカ	HU ハンガリー	ML マリ	TT トリニダード・トバゴ
CG コンゴ	ID インドネシア	MN モンゴル	UA ウクライナ
CH スイス	IE アイルランド	MR モーリタニア	UG ウガンダ
CI コートジボアール	IL イスラエル	MW マラウイ	US 米国
CN カメルーン	IN インド	MX メキシコ	UZ ウズベキスタン
CM 中国	IS アイスランド	NE ニジェール	VN ヴェトナム
CR コスタ・リカ	IT イタリア	NL オランダ	YU ユーゴスラビア
CU キューバ	JP 日本	NO ノールウェー	ZA 南アフリカ共和国
CY キプロス	KE ケニア	NZ ニュージーランド	ZW ジンバブエ
CZ チェッコ	KG キルギスタン	PL ポーランド	
DE ドイツ	KP 北朝鮮	PT ポルトガル	
DK デンマーク	KR 韓国	RO ルーマニア	

明 細 書

ステージ装置、露光装置、デバイス製造方法及びデバイス

技術分野

本発明は、ステージ装置、露光装置、デバイス製造方法及びデバイスに係り、さらに詳しくは、試料（又は試料ステージ）の高精度な位置制御性が要求される精密機械に好適なステージ装置、前記精密機械の一種である半導体集積回路や液晶ディスプレイ等の半導体デバイス（電子デバイス）の製造に際してリソグラフィ工程で用いられる露光装置、該露光装置を用いて電子デバイスを製造する方法及び該方法によって製造されるデバイスに関する。

背景技術

従来より、半導体デバイスの製造工程の一つであるリソグラフィ工程においては、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成された回路パターンをレジスト（感光剤）が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板上に転写する種々の露光装置が用いられている。

例えば、半導体素子用の露光装置としては、近年における集積回路の高集積化に伴うパターンの最小線幅（デバイスルール）の微細化に応じて、レチクルのパターンを投影光学系を用いてウエハ上に縮小転写する縮小投影露光装置が主として用いられている。

この縮小投影露光装置には、レチクルのパターンをウエハ上の複数のショット領域に順次転写するステップ・アンド・リピート方式の静止露光型の縮小投影露光装置（いわゆるステッパ）や、このステッパを改良したもので、特開平 8-166043 号公報等の開示されるようなレチクルとウエハを一次元方向に同期移動してレチクルパターンをウエハ上の各ショット領域に転写するステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の露光装置（いわゆるスキャニング・

ステッパ) が知られている。

これらの縮小投影露光装置では、床面に先ず装置の基準となるベースプレートが設置され、その上に床振動を遮断するための防振台を介してレチクルステージ、ウエハステージ及び投影光学系（投影レンズ）等を支持する本体コラムが載置されている。最近の縮小投影露光装置では、前記防振台として、内圧が制御可能なエアマウント、ボイスコイルモータ等のアクチュエータを備え、本体コラム（メインフレーム）に取り付けられた6個の加速度計の計測値に基づいて前記ボイスコイルモータ等を制御することにより前記本体コラムの振動を制振するアクティブ防振台が採用されている。

上記のステッパ等は、ウエハ上のあるショット領域に対する露光の後、他のショット領域に対して順次露光を繰り返すものであるから、ウエハステージ（ステッパの場合）、あるいはレチクルステージ及びウエハステージ（スキャニング・ステッパの場合）の加速、減速運動によって生じる反力が本体コラムの振動要因となって、投影光学系とウエハ等との相対位置誤差を生じさせるという好ましくない現象が生じていた。

アライメント時及び露光時における上記相対位置誤差は、結果的にウエハ上で設計値と異なる位置にパターンが転写されたり、その位置誤差に振動成分を含む場合には像ボケ（パターン線幅の増大）を招いたりする原因となっていた。

従って、このようなパターンの転写位置ずれや像ボケ等を抑制するためには、上記のアクティブ防振台等により本体コラムの振動を十分に減衰させる必要があり、例えばステッパの場合には、ウエハステージが所望の位置に位置決めされ十分に整定されるのを待ってアライメント動作や露光動作を開始する必要がある、また、スキャニング・ステッパの場合には、レチクルステージとウエハステージとの同期整定を十分に確保した状態で露光を行う必要があった。このため、スループット（生産性）を悪化させる要因となっていた。

このような不都合を改善するものとして、例えば特開平8-166475号

公報等に記載されるウエハステージの移動により発生する反力をフレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がす発明や、例えば特開平 8－3 3 0 2 2 4 号公報等に記載されるレチクルステージの移動により発生する反力をフレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がす発明が知られている。

しかしながら、近年におけるウエハの大型化に伴い、ウエハステージが大型化し、上記特開平 8－1 6 6 4 7 5 号公報や特開平 8－3 3 0 2 2 4 号公報等に記載の発明を用いてもスループットをある程度確保しつつ高精度な露光を行うことは困難となりつつある。すなわち、フレーム部材を伝わって床側に逃げる反力に起因してフレーム部材自身が振動し、この振動が逆にステージの位置制御性を悪化させる要因となったり、床に逃げた反力が、防振台等を介して投影光学系を保持する本体コラム（メインボディ）に伝わってこれを加振する可能性が生じてきたのである。

デバイスルールは、将来的にさらに微細化し、また、ウエハ及びレチクルが大型化するため、ステージ駆動に伴う振動が従来にも増してより大きな問題となることは確実である。従って、装置各部の振動が露光精度に与える悪影響をより効果的に抑制するための新技術の開発が急務となっている。同様の課題は、露光装置以外の精密機械にも存在する。

本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第 1 の目的は、ステージの駆動によって生じる反力の影響を軽減してステージの位置制御性を向上させることができるステージ装置を提供することにある。

また、本発明の第 2 の目的は、装置各部の振動が露光精度に与える影響を軽減して、露光精度を向上することができるとともにスループットを向上することができる露光装置を提供することにある。

また、本発明の第 3 の目的は、高集積度の電子デバイスの生産性の向上を図ることができるデバイス製造方法を提供することにある。

発明の開示

本発明は、第1の観点からすると、試料（W又はR）を保持する試料ステージ（WST又はRST）と；前記試料ステージを少なくとも一方向に駆動するステージ駆動機構（72又は44）と；前記ステージ駆動機構の少なくとも一部が接続され、前記試料ステージの駆動により生じる反力が伝達される第1の伝達部材（（84A，84B）、（84C，84D，84E，84F）あるいは130）と；前記第1の伝達部材に設けられ、前記反力に起因する前記第1の伝達部材の振動を減衰させる第1の減衰部材（85、又は（142，144，146，148））とを備えるステージ装置である。

これによれば、ステージ駆動機構によって試料ステージが駆動されると、その駆動によって生じる反力が第1の伝達部材に伝達され、該第1の伝達部材が振動するが、この振動は第1の減衰部材によって減衰される。このため、第1の伝達部材の振動に起因してステージ駆動機構に生じる振動を抑制することができ、これにより試料ステージの位置制御性（位置決め性能を含む）を向上させることができる。第1の伝達部材の振動が抑制される結果、この第1の伝達部材を介して床側に伝達される力が小さくなり、この力が床面を介して周囲に与える影響も軽減することができる。

この場合において、前記ステージ駆動機構は、前記第1の伝達部材に設けられた固定子と、該固定子との間の電磁氣的相互作用によって前記試料ステージとともに駆動される可動子とを有していても良い。かかる場合には、可動子が試料ステージとともに固定子に対して相対駆動され、その駆動力の反力を固定子が受け、第1の伝達部材を振動させる要因となるが、この振動は第1の減衰部材によって減衰されるので、この振動によって試料ステージの位置制御性能が悪化するのを防止することができる。

本発明に係るステージ装置では、前記第1の減衰部材は、前記第1の伝達部材の最大歪みが生じる位置に取り付けられていても良い。かかる場合には、第

１の伝達部材の振動を効果的に抑制することができる。

本発明に係るステージ装置では、前記第１の減衰部材は、両端に電極を有する圧電素子であり、前記電極がそれぞれ抵抗素子を介して接地されていても良い。かかる場合には、第１の伝達部材の振動に起因して圧電素子に生じる圧電効果により抵抗素子を電流が流れることにより、振動による力学的エネルギーを熱エネルギーに積極的に変換することができるで、圧電素子による第１の伝達部材の振動減衰をより一層効果的に行うことができる。

本発明に係るステージ装置では、前記第１の減衰部材が、電気的エネルギーの印加により力学的な歪みを生じる電気－機械変換素子である場合、前記試料ステージの駆動によって生じる反力に応じて前記電気－機械変換素子を制御する制御装置（５０）を更に備えていても良い。かかる場合には、制御装置が、試料ステージの駆動によって生じる反力に応じて電気－機械変換素子を制御することにより、その反力に起因する第１の伝達部材の振動及び変形を抑制することが可能になる。

この場合において、前記制御装置は、前記試料ステージの駆動力の指令値に基づいて前記電気－機械変換素子を制御することとしても良い。かかる場合には、制御装置が試料ステージの駆動力の指令値に基づいて電気－機械変換素子を制御するので、その反力に起因する第１の伝達部材の振動及び変形を効率良く抑制することができる。

この場合において、前記制御装置は、前記反力によって前記第１の伝達部材に生じる変形を相殺するような撓み変形を前記電気－機械変換素子が前記第１の伝達部材に発生させるように、前記電気－機械変換素子に対する印加電圧をフィードフォワード制御することとしても良い。かかる場合には、反力によって実際に第１の伝達部材に撓み変形が生じるのに先立って、電気－機械変換素子はその撓み変形を相殺するような撓み変形を第１の伝達部材に生じさせ、これらの変形が合成される結果、第１の伝達部材の振動の発生そのものが積極的

に抑制される。

本発明に係るステージ装置では、前記試料ステージを移動可能に支持するとともに、前記第１の伝達部材に支持されたステージベース（１６又は４２）を更に備えていても良い。かかる場合には、試料ステージが、ステージ駆動機構によって駆動されると、その駆動によって生じる反力をステージベースが受け、これを支持する第１の伝達部材が振動するが、この振動は第１の減衰部材によって減衰されるので、この振動が試料ステージの位置制御性に与える影響を低減することができる。

本発明に係るステージ装置では、前記試料ステージは、前記一方向に移動する第１ステージ（１６２）と、前記試料を保持して前記第１ステージに対して相対移動可能な第２ステージ（１６４）とを有することとすることができる。かかる場合には、第１ステージの移動の際には、その駆動力の反力が第１の伝達部材に伝達され、この第１の伝達部材が振動するが、この振動が第１の減衰部材によって減衰される。この場合、第２ステージを第１ステージの移動方向に対して直交する方向に相対移動可能に構成すれば、第２ステージは、試料を保持して直交２軸方向に移動することができる。

この場合において、前記第２ステージの駆動によって生じる反力が前記第１ステージを介して伝達される第２の伝達部材（１７２Ａ、１７２Ｂ、１７２Ｃ、１７２Ｄ）と；前記第２の伝達部材を前記一方向に駆動するリニアアクチュエータ（１７４Ａ、１７４Ｂ）と；前記第２の伝達部材に設けられ、前記第２ステージの駆動によって生じる反力に起因する前記第２の伝達部材の振動を減衰させる第２の減衰部材（１８０）と；前記第１ステージと前記第２の伝達部材とが一体的に前記一方向に移動するように、前記ステージ駆動機構及び前記リニアアクチュエータを制御する第１の制御装置（５０）とを更に備えることとすることができる。かかる場合には、例えば第２ステージの移動の際には、該第２ステージの駆動力の反力が第１ステージに作用し、この反力が第１ステー

ジから第2の伝達部材に伝達され、この第2の伝達部材が振動するが、この振動は第2の減衰部材によって減衰される。従って、第2の伝達部材を介して床面側に伝達される第2ステージの移動時に生じる反力は十分に小さくなる。また、第1の制御装置が第1ステージと第2の伝達部材とが一体的に一方向に移動するように、ステージ駆動機構及びリニアアクチュエータを制御するので、支障無く第1ステージを駆動することができる。

この場合において、前記第2の減衰部材は、前記第2の伝達部材の最大歪みが生じる位置に取り付けられていても良い。かかる場合には、第2の伝達部材の振動を効果的に抑制することができる。

本発明に係るステージ装置では、前記第2の伝達部材の振動を減衰させる第2の減衰部材が、電気的エネルギーの印加により力学的な歪みを生じる電気-機械変換素子である場合には、前記第2ステージの駆動によって生じる反力に応じて前記電気-機械変換素子を制御する第2の制御装置を更に備えていても良い。かかる場合には、第2の制御装置が、第2ステージの駆動によって生じる反力に応じて電気-機械変換素子を制御することにより、その反力に起因する第2の伝達部材の振動及び変形を抑制することが可能になる。

この場合において、前記第2の制御装置は、前記第2ステージの駆動力の指令値に基づいて前記電気-機械変換素子を制御することとしても良い。かかる場合には、制御装置が第2ステージの駆動力の指令値に基づいて電気-機械変換素子を制御するので、その反力に起因する第2の伝達部材の振動及び変形を効率良く抑制することができる。

この場合において、前記第2の制御装置は、前記反力によって前記第2の伝達部材に生じる変形を相殺するような撓み変形を前記電気-機械変換素子が前記第2の伝達部材に発生させるように、前記電気-機械変換素子に対する印加電圧をフィードフォワード制御することとしても良い。かかる場合には、反力によって実際に第2の伝達部材に撓み変形が生じるのに先立って、電気-機械

変換素子がその撓み変形を相殺するような撓み変形を第２の伝達部材に生じさせ、これらの変形が合成される結果、第２の伝達部材の振動の発生そのものが積極的に抑制される。

本発明は、第２の観点からすると、パターンを有した試料であるマスク（Ｒ）を保持して移動するマスクステージを含むマスクステージ装置と、前記パターンが転写される試料である基板（Ｗ）を保持して移動する基板ステージを含む基板ステージ装置とを備えた露光装置において、前記マスクステージ装置及び前記基板ステージ装置の少なくとも一方として、本発明に係るステージ装置を用いたことを特徴とする第１の露光装置である。

これによれば、本発明に係るステージ装置により、マスク及び基板を保持する試料ステージの位置制御性（位置決め性能を含む）を向上させることができるとともに、その試料ステージの駆動によって生じる反力に起因する第１の伝達部材の振動が抑制される結果、この第１の伝達部材を介して床側に伝達される力が小さくなり、この力が床面を介して周囲に与える影響も軽減することができる。従って、本発明によれば、試料ステージ、すなわちマスクステージ及び基板ステージの少なくとも一方の位置制御性の向上、例えば試料の位置決め整定時間の短縮によるスループットの向上と、振動の影響の軽減による露光精度の向上とが可能になる。

この場合において、前記マスク（Ｒ）と前記基板（Ｗ）との間に配置され、前記パターンを前記基板に投影する投影光学系（ＰＬ）を更に備えることとすることができる。かかる場合には、マスクのパターンが投影光学系を介して基板上に投影転写されるが、この際に上記の如く振動の影響が軽減されるので、マスクのパターンの像を投影光学系を介して基板上に精度良く転写することができる。

この場合において、前記第１の伝達部材とは振動に関して独立し、前記投影光学系を保持する保持部（１４）を更に備えることとすることができる。かか

る場合には、第1の伝達部材と投影光学系を保持する保持部とは振動に関して独立しているので、試料ステージの駆動によって生じる反力やこれに起因する第1の伝達部材の振動によって投影光学系は直接的な影響を殆ど受けない。一方、第1の伝達部材の振動（及びこの要因となる反力）は、第1の減衰部材によって減衰された状態で大地（設置床）に伝達されるので、大地から保持部への振動（力）の伝達を効果的に低減できる。従って、試料ステージの移動時（駆動時）の反力が保持部に保持された投影光学系の振動要因となることがない。従って、投影光学系の振動に起因するパターン転写位置ずれや像ボケ等の発生を効果的に防止して露光精度の向上を図ることができるとともに、試料ステージの位置制御性の向上により該試料ステージの高加速度化、高速化、大型化が可能であるためスループットの向上をも図ることができる。

この場合において、前記パターンを前記基板に転写する際に、前記マスクと前記基板とを同期して移動させる制御装置（50）を更に備えていても良い。かかる場合には、制御装置が、パターンを基板に転写する際に、マスクと基板とを同期して移動することにより、いわゆる走査露光によりマスクのパターンが投影光学系を介して基板上に転写されるが、マスク及び基板の少なくとも一方を保持する試料ステージの位置制御性の向上により、マスクに対する試料の追従性能を向上させることができ、これによりマスクと基板の同期精度の向上及び同期整定時間の短縮が可能になる。従って、マスクパターンを基板上に精度良く転写することができるとともに、スループットの向上が可能になる。

本発明は、第3の観点からすると、ステージが移動している間にパターンを基板に形成する露光装置であって、前記ステージを移動可能に支持するステージベースと；前記ステージの移動に応じて、前記ステージとは反対方向に移動するカウンターステージと；前記ステージベースとは独立して配置され、前記カウンターステージを移動可能に支持する第1支持フレームと；前記第1支持フレームに設けられ、該第1支持フレームの振動を減衰させる減衰部材とを備

えることを特徴とする第2の露光装置である。

これによれば、ステージが移動すると、そのステージの移動に応じてカウンターステージがステージとは反対方向に第1支持フレーム上で移動する。ここで、ステージとステージベースとの間、及びステージとカウンターステージと第1支持フレームとの3者間の摩擦力が零であれば、ステージ、ステージベース、カウンターステージ及び支持フレームを含む系の運動量が保存され、ステージの加減速時の反力はカウンターステージの移動によって吸収されるので、上記反力によって第1支持フレームが振動するのを効果的に防止することができる。また、ステージとカウンターステージとが相対的に逆方向に移動して、ステージ、ステージベース、カウンターステージ及び第1支持フレームを含む系の全体の重心位置が所定の位置に維持されるので、重心位置の移動による偏荷重が発生しない。但し、実際には摩擦力を零とするのは困難であり、また、力の作用線等が異なる等の理由から、第1支持フレームに作用する反力等は零とはならないため、その僅かな残留反力に起因して第1支持フレームに振動が発生するが、その第1支持フレームの振動（及びこの要因となる反力）は、減衰部材によって減衰される。従って、ステージの移動時（駆動時）の反力及びそれに起因する振動が露光に悪影響を与えるのをほぼ確実に防止することができる。

本発明に係る第2の露光装置では、前記ステージは、前記基板（W）を保持して移動する基板ステージ（W S T）であっても良く、あるいは前記ステージは、前記パターンが形成されたマスク（R）を保持して移動するマスクステージ（R S T）であっても良い。

本発明に係る第2の露光装置では、前記カウンターステージに少なくとも一部が接続され、前記ステージを駆動する駆動装置（202A、202B）を更に備えることとすることができる。

この場合において、前記駆動装置は、可動子（214A、214B）と固定

子（２１２Ａ，２１２Ｂ）とを有し、該固定子が前記カウンターステージに設けられていても良い。かかる場合には、駆動装置が駆動力を発生して、ステージとともに可動子が駆動されると、その駆動力の反力により固定子がカウンターステージと一体的にステージと反対側に移動して、その反力を吸収あるいは抑制する。

本発明に係る第２の露光装置では、前記カウンターステージの位置を原点に復帰する原位置復帰機構を更に備えることとすることができる。かかる場合には、原位置復帰機構により、ステージの加減速が終了した時点等、反力が作用しなくなった時点で、カウンターステージを速やかに原点位置に復帰させることができる。

本発明に係る第２の露光装置では、前記パターンを前記基板に投影する投影光学系（ＰＬ）と；前記第１支持フレームとは振動に関して独立して設けられ、前記投影光学系を支持する第２支持フレーム（５８）と；を更に備えることとすることができる。本発明に係る第２の露光装置では、上述の如く、ステージの移動に応じてカウンターステージがステージと反対方向に移動して、その反力を吸収し、その吸収しきれなかった反力及びこれに起因する第１支持フレームの振動が減衰部材で減衰されるので、ステージの駆動に伴う反力が第１支持フレームと別の第２支持フレームに支持された投影光学系の振動要因となるのを効果的に防止することができる。また、第１支持フレームと第２支持フレームとは、振動に関して独立しているので、ステージの駆動反力により第１支持フレームに振動が僅かながら残存したとしても、この振動が投影光学系の振動要因となるおそれは殆どない。従って、投影光学系の振動に起因するパターン転写位置ずれや像ボケ等の発生を効果的に防止して露光精度の向上を図ることができる。また、マスクステージ及び基板ステージの少なくとも一方の高加速速度化、高速化、大型化が可能であるためスループットの向上をも図ることができる。

また、リソグラフィ工程において、本発明の露光装置を用いて露光を行うことにより、基板上に複数層のパターンを重ね合せ精度良く形成することができる。従って、より高集積度のマイクロデバイスを歩留まり良く製造することができ、その生産性を向上させることができる。従って、本発明は別の観点からすると、本発明の露光装置を用いるデバイス製造方法であり、また、該製造方法によって製造されたデバイスであるとも言える。

図面の簡単な説明

図１は本発明の第１の実施形態に係る露光装置の構成を概略的に示す図である。

図２は、図１の装置の本体コラムの一部を構成する鏡筒定盤より下方の構成各部を一部断面して示す図１の右側面図である。

図３は、図１の装置の制御系の構成を概略的に示すブロック図である。

図４は、図１のレチクルステージ近傍を示す斜視図である。

図５は、図１のベースプレートＢＰ１とステージ定盤１６との相対位置を計測する位置センサの構成を説明するための図である。

図６は、本発明の第２の実施形態に係る露光装置の主要部の構成を概略的に示す図である。

図７は、図６のレチクルステージの駆動機構及びこれを支持するフレームを示す概略斜視図である。

図８は、図６の装置の制御系の構成を概略的に示すブロック図である。

図９は、本発明の第３の実施形態に係る露光装置を構成するステージ装置の構成を概略的に示す斜視図である。

図１０は、第３の実施形態に係る露光装置の制御系の構成を概略的に示すブロック図である。

図１１は、本発明の第４の実施形態に係る露光装置の構成を概略的に示す図

である。

図 1 2 は、本発明に係るデバイス製造方法の実施形態を説明するためのフローチャートである。

図 1 3 は、図 1 2 のステップ 3 0 4 における処理を示すフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

《第 1 の実施形態》

以下、本発明の第 1 の実施形態を図 1 ～図 5 に基づいて説明する。図 1 には、第 1 の実施形態の露光装置 1 0 の全体構成が概略的に示されている。この露光装置 1 0 は、マスクとしてのレチクル R と基板（及び試料）としてのウエハ W とを一次元方向（ここでは Y 軸方向とする）に同期移動しつつ、レチクル R に形成された回路パターンを投影光学系 P L を介してウエハ W 上の各ショット領域に転写する、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置、すなわちいわゆるスキャニング・ステッパである。

露光装置 1 0 は、光源 1 2、この光源 1 2 からの照明光によりレチクル R を照明する照明光学系 I O P、レチクル R を保持するマスクステージとしてのレチクルステージ R S T、レチクル R から射出される照明光（パルス紫外光）をウエハ W 上に投射する投影光学系 P L、ウエハ W を保持する基板ステージ（及び試料ステージ）としてのウエハステージ W S T 及び該ウエハステージ W S T を支持するステージ定盤 1 6 等を含むステージ装置 1 1、投影光学系 P L 及びレチクルステージ R S T を保持する保持部としての本体コラム 1 4、本体コラム 1 4 及びステージ定盤 1 6 等の振動を抑制あるいは除去する防振システム、及びこれらの制御系等を備えている。

前記光源 1 2 としては、ここでは波長 1 9 2 ～ 1 9 4 n m の間で酸素の吸収帯を避けるように狭帯化された A r F エキシマレーザ光を出力する A r F エキ

シマレーザ光源が用いられており、この光源 1 2 の本体は、防振台 1 8 を介して半導体製造工場のクリーンルーム内の床面 F D 上に設置されている。光源 1 2 には、光源制御装置 1 3（図 1 では図示せず、図 3 参照）が併設されており、この光源制御装置 1 3 では、後述する主制御装置 5 0（図 1 では図示せず、図 3 参照）からの指示に応じて、射出されるパルス紫外光の発振中心波長及びスペクトル半値幅の制御、パルス発振のトリガ制御、レーザチャンバ内のガスの制御等を行うようになっている。

なお、光源 1 2 をクリーンルームよりクリーン度が低い別の部屋（サービスルーム）あるいはクリーンルームの床下に設けられたユーティリティスペースに設置しても構わない。

光源 1 2 は遮光性のベローズ 2 0 及びパイプ 2 2 を介してビームマッチングユニット B M U の一端（入射端）に接続されており、このビームマッチングユニット B M U の他端（出射端）は、パイプ 2 4 を介して照明光学系 I O P に接続されている。

前記ビームマッチングユニット B M U 内には、複数の可動反射鏡（図示省略）が設けられており、主制御装置 5 0 ではこれらの可動反射鏡を用いて光源 1 2 からベローズ 2 0 及びパイプ 2 2 を介して入射する狭帯化されたパルス紫外光（A r F エキシマレーザ光）の光路を次に述べる第 1 部分照明光学系 I O P 1 との間で位置的にマッチングさせている。

前記照明光学系 I O P は、第 1 部分照明光学系 I O P 1 と第 2 部分照明光学系 I O P 2 との 2 部分から構成されている。これら第 1、第 2 部分照明光学系 I O P 1、I O P 2 は、内部を外気に対して気密状態にする照明系ハウジング 2 6 A、2 6 B をそれぞれ備えている。これらの照明系ハウジング 2 6 A、2 6 B 内には、空気（酸素）の含有濃度を数％以下、望ましくは 1 ％未満にしたクリーンな乾燥窒素ガス（N₂）やヘリウムガス（H e）が充填されている。

一方の照明系ハウジング 2 6 A 内には、可変減光器 2 8 A、ビーム整形光学

系 2 8 B、第 1 フライアイレンズ系 2 8 C、振動ミラー 2 8 D、集光レンズ系 2 8 E、ミラー 2 8 F、第 2 フライアイレンズ系 2 8 G、照明系開口絞り板 2 8 H、ビームスプリッタ 2 8 J、第 1 リレーレンズ 2 8 K 及びレチクルブラインド機構 2 8 M 等が所定の位置関係で収納されている。また、他方の照明系ハウジング 2 6 B 内には、第 2 リレーレンズ 2 8 N、ミラー 2 8 Q、及び主コンデンサーレンズ系 2 8 R 等が所定の位置関係で収納されている。

ここで、照明系ハウジング 2 6 A、2 6 B 内の上記構成各部について説明する。可変減光器 2 8 A は、パルス紫外光のパルス毎の平均エネルギーを調整するためのもので、例えば減光率が異なる複数の光学フィルタを切り換え可能に構成して減光率を段階的に変更するものや、透過率が連続的に変化する 2 枚の光学フィルタの重なり具合を調整することにより減光率を連続的に可変にするものが用いられる。かかる可変減光器の一例は、例えば特開平 3 - 1 7 9 3 5 7 号公報及びこれに対応する米国特許第 5, 1 9 1, 3 7 4 号に詳細に開示されており、本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

この可変減光器 2 8 A を構成する光学フィルタは、主制御装置 5 0 の管理下にある後述する照明制御装置 3 0 (図 1 では図示せず、図 3 参照) によって制御されるモータを含む駆動機構 2 9 によって駆動される。

ビーム整形光学系 2 8 B は、可変減光器 2 8 A によって所定のピーク強度に調整されたパルス紫外光の断面形状を該パルス紫外光の光路後方に設けられた後述するダブルフライアイレンズ系の入射端を構成する第 1 フライアイレンズ系 2 8 C の入射端の全体形状と相似になるように整形して該第 1 フライアイレンズ系 2 8 C に効率よく入射させるもので、例えばシリンダレンズやビームエキスパンダ (いずれも図示省略) 等で構成される。

前記ダブルフライアイレンズ系は、照明光の強度分布を一様化するためのも

ので、ビーム整形光学系 28 B 後方のパルス紫外光の光路上に順次配置された第 1 フライアイレンズ系 28 C と、集光レンズ系 28 E と、第 2 フライアイレンズ系 28 G とから構成される。この場合、第 1 フライアイレンズ系 28 C と集光レンズ系 28 E との間には、被照射面（レチクル面又はウエハ面）に生じる干渉縞や微弱なスペックルを平滑化するための振動ミラー 28 D が配置されている。この振動ミラー 28 D の振動（偏向角）は不図示の駆動系を介して主制御装置 50 の管理下にある照明制御装置 30 によって制御されるようになっている。

本実施形態のようなダブルフライアイレンズ系と振動ミラーとを組み合わせた構成については、例えば特開平 1-235289 号公報、特開平 7-142354 号公報並びにこれらに対応する米国特許第 5,307,207 号、第 5,534,970 号などに詳細に開示されており、本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記各公報及び各米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

前記第 2 フライアイレンズ系 28 G の射出面の近傍に、円板状部材から成る照明系開口絞り板 28 H が配置されている。この照明系開口絞り板 28 H には、ほぼ等角度間隔で、例えば通常の円形開口より成る開口絞り、小さな円形開口より成りコヒーレンスファクタである σ 値を小さくするための開口絞り、輪帯照明用の輪帯状の開口絞り、及び変形光源法用に例えば 4 つの開口を偏心させて配置して成る変形開口絞り等が配置されている。

照明系開口絞り板 28 H 後方のパルス紫外光の光路上に、反射率が大きく透過率が小さなビームスプリッタ 28 J が配置され、更にこの後方の光路上に、第 1 リレーレンズ 28 K、レチクルブラインド機構 28 M が順次配置されている。

レチクルブラインド機構 28 M は、レチクル R のパターン面に対する共役面から僅かにデフォーカスした面に配置され、レチクル R 上の照明領域を規定す

る所定形状の開口部が形成された固定レチクルブラインドと、この固定レチクルブラインドの近傍の位置に配置され、走査方向に対応する方向の位置及び幅が可変の開口部を有する可動レチクルブラインドとを含んで構成されている。固定レチクルブラインドの開口部は、投影光学系 P L の円形視野内の中央で走査露光時のレチクル R の移動方向（Y 軸方向）と直交した X 軸方向に直線的に伸びたスリット状又は矩形状に形成されているものとする。

この場合、走査露光の開始時及び終了時に可動レチクルブラインドを介して照明領域を更に制限することによって、不要な部分の露光が防止されるようになっている。この可動レチクルブラインドは、不図示の駆動系を介して主制御装置 50 によって制御される。

前記照明系ハウジング 26 B 内に収納された第 2 リレーレンズ 28 N は、第 1 リレーレンズ 28 K とともにリレー光学系を構成するもので、この第 2 リレーレンズ 28 N の後方のパルス紫外光の光路上には、第 2 リレーレンズ 28 N を通過したパルス紫外光をレチクル R に向けて反射するミラー 28 Q が配置され、このミラー 28 Q 後方のパルス紫外光の光路上に主コンデンサーレンズ系 28 R が配置されている。

以上の構成において、第 1 フライアイレンズ系 28 C の入射面、第 2 フライアイレンズ系 28 G の入射面、レチクルブラインド機構 28 M の可動レチクルブラインドの配置面、レチクル R のパターン面は、光学的に互いに共役に設定され、第 1 フライアイレンズ系 28 C の射出面側に形成される光源面、第 2 フライアイレンズ系 28 G の射出面側に形成される光源面、投影光学系 P L のフーリエ変換面（射出瞳面）は光学的に互いに共役に設定され、ケーラー照明系となっている。

このようにして構成された照明光学系 I O P、すなわち第 1 部分照明光学系 I O P 1、第 2 部分照明光学系 I O P 2 の作用を簡単に説明すると、光源 12 からのパルス紫外光がビームマッチングユニット B M U を介して第 1 部分照明

光学系 I O P 1 内に入射すると、このパルス紫外光は可変減光器 2 8 A により所定のピーク強度に調整された後、ビーム整形光学系 2 8 B に入射する。そして、このパルス紫外光は、ビーム整形光学系 2 8 B で後方の第 1 フライアイレンズ系 2 8 C に効率よく入射するようにその断面形状が整形される。次いで、このパルス紫外光がミラー 2 8 F を介して第 1 フライアイレンズ系 2 8 C に入射すると、第 1 フライアイレンズ系 2 8 C の射出端側に面光源、すなわち多数の光源像（点光源）から成る 2 次光源が形成される。これらの多数の点光源の各々から発散するパルス紫外光は、光源 1 2 の可干渉性によるスペックルを低減させる振動ミラー 2 8 D、集光レンズ系 2 8 E を介して第 2 フライアイレンズ系 2 8 G に入射する。これにより、第 2 フライアイレンズ系 2 8 G の射出端に多数の微少な光源像を所定形状の領域内に一様分布させた個々の光源像から成る 3 次光源が形成される。この 3 次光源から射出されたパルス紫外光は、照明系開口絞り板 2 8 H 上のいずれかの開口絞りを通過した後、反射率が大きく透過率が小さなビームスプリッタ 2 8 J に至る。

このビームスプリッタ 2 8 J で反射された露光光としてのパルス紫外光は、第 1 リレーレンズ 2 8 K によってレチクルブラインド機構 2 8 M を構成する固定レチクルブラインドの開口部を一様な強度分布で照明する。但し、その強度分布には、光源 1 2 からのパルス紫外光の可干渉性に依存した干渉縞や微弱なスペックルが数%程度のコントラストで重畳し得る。そのためウエハ面上には、干渉縞や微弱なスペックルによる露光量むらが生じ得るが、その露光量むらは先に挙げた特開平 7 - 1 4 2 3 5 4 号公報及びこれに対応する米国特許第 5, 5 3 4, 9 7 0 号のように、走査露光時のレチクル R やウエハ W の移動とパルス紫外光の発振とに同期させて振動ミラー 2 8 D を振ることで平滑化される。

こうして固定レチクルブラインドの開口部を通ったパルス紫外光は、可動レチクルブラインドを通過した後、第 2 リレーレンズ 2 8 N を通過してミラー 2 8 Q によって光路が垂直下方に折り曲げられた後、主コンデンサーレンズ系 2

8 Rを経て、レチクルステージ R S T上に保持されたレチクル R上の所定の照明領域（X軸方向に直線的に伸びたスリット状又は矩形状の照明領域）を均一な照度分布で照明する。ここで、レチクル Rに照射される矩形スリット状の照明光は、図 1 中の投影光学系 P Lの円形投影視野の中央にX軸方向（非走査方向）に細長く延びるように設定され、その照明光のY軸方向（走査方向）の幅はほぼ一定に設定されている。

さらに、第 1 部分照明光学系 I O P 1を構成する照明系ハウジング 2 6 A内には、集光レンズ 3 2、光電変換素子よりなるインテグレータセンサ 3 4、集光レンズ 3 6 及びインテグレータセンサ 3 4と同様の光電変換素子(受光素子)から成る反射光モニタ 3 8等も収納されている。ここで、これらインテグレータセンサ 3 4等について説明すると、ビームスプリッタ 2 8 Jを透過したパルス紫外光は、集光レンズ 3 2を介してインテグレータセンサ 3 4に入射し、そこで光電変換される。そして、このインテグレータセンサ 3 4の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路及びA/D変換器を介して主制御装置 5 0に供給される。インテグレータセンサ 3 4としては、例えば遠紫外域で感度があり、且つ光源 1 2のパルス発光を検出するために高い応答周波数を有する P I N型のフォトダイオード等が使用できる。このインテグレータセンサ 3 4の出力と、ウエハ Wの表面上でのパルス紫外光の照度（露光量）との相関係数は予め求められて、主制御装置 5 0内のメモリに記憶されている。

前記集光レンズ 3 6 及び反射光モニタ 3 8は、照明系ハウジング 2 6 A内のレチクル R側からの反射光の光路上に配置され、レチクル Rのパターン面からの反射光は、主コンデンサーレンズ系 2 8 R、ミラー 2 8 Q、第 2 リレーレンズ 2 8 N、可動レチクルブラインド、固定レチクルブラインドの開口部、第 1 リレーレンズ 2 8 Kを経て、ビームスプリッタ 2 8 Jを透過し、集光レンズ 3 6を介して反射光モニタ 3 8に入射し、そこで光電変換される。この反射光モニタ 3 8の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路及びA/D変換器等

を介して主制御装置 50 に供給される。この反射光モニタ 38 は、主として、レチクル R の透過率測定の際に用いられる。

なお、照明系ハウジング 26 A、26 B の支持構造等については、後述する。

前記レチクルステージ RST は、後述する本体コラム 14 を構成する支持コラム 40 の上方に水平に固定されたレチクルベース定盤 42 上に配置されている。レチクルステージ RST は、レチクル R をレチクルベース定盤 42 上で Y 軸方向に大きなストロークで直線駆動するとともに、X 軸方向と θz 方向（Z 軸回りの回転方向）に関しても微小駆動が可能な構成となっている。

これを更に詳述すると、レチクルステージ RST は、図 4 に示されるように、レチクルベース定盤 42 上を一对の Y リニアモータ 202 A、202 B によって Y 軸方向に所定ストロークで駆動されるレチクル粗動ステージ 204 と、このレチクル粗動ステージ 204 に少なくとも一部が接続された一对の X ボイスコイルモータ 206 X と一对の Y ボイスコイルモータ 206 Y とによって X、Y、 θz 方向に微小駆動されるレチクル微動ステージ 208 とを含んで構成されている。

前記一方の Y リニアモータ 202 A は、レチクルベース定盤 42 上に複数の非接触ベアリングであるエアベアリング（エアパッド）210 によって浮上支持され Y 軸方向に延びる固定子 212 A と、この固定子 212 A に対応して設けられ、連結部材 216 A を介してレチクル粗動ステージ 204 に固定された可動子 214 A とから構成されている。他方の Y リニアモータ 202 B は、上記と同様に、複数のエアベアリング（図示省略）によってレチクルベース定盤 42 上に浮上支持され Y 軸方向に延びる固定子 212 B と、この固定子 212 B に対応して設けられ、連結部材 216 B を介してレチクル粗動ステージ 204 に固定された可動子 214 B とから構成されている。

レチクル粗動ステージ 204 は、レチクルベース定盤 42 の中央部に形成された上部突出部 42 a の上面に固定され Y 軸方向に延びる一对の Y ガイド 21

8 A、2 1 8 BによってY軸方向に案内されるようになっている。また、レチクル粗動ステージ2 0 4は、これらのYガイド2 1 8 A、2 1 8 Bに対して不図示のエアベアリングによって非接触で支持されている。

前記レチクル微動ステージ2 0 8には、その中央部に開口部が形成されており、この開口部内に不図示のバキュームチャックを介してレチクルRが吸着保持されるようになっている。

この場合、レチクル粗動ステージ2 0 4が、レチクル微動ステージ2 0 8と一体で走査方向（Y軸方向）に移動する際には、レチクル粗動ステージ2 0 4に固定されたYリニアモータ2 0 2 A、2 0 2 Bの可動子2 1 4 A、2 1 4 Bと固定子2 1 2 A、2 1 2 Bとが相対的に逆方向に移動する。すなわち、レチクルステージR S Tと固定子2 1 2 A、2 1 2 Bとが相対的に逆方向に移動する。レチクルステージR S Tと固定子2 1 2 A、2 1 2 Bとレチクルベース定盤4 2との3者間の摩擦が零である場合には、運動量保存の法則が成立し、レチクルステージR S Tの移動に伴う固定子2 1 2 A、2 1 2 Bの移動量は、レチクルステージR S T全体（レチクル粗動ステージ2 0 4、連結部材2 1 6 A、2 1 6 B、可動子2 1 4 A、2 1 4 B、レチクル微動ステージ2 0 8、レチクルR等）と固定子全体（固定子2 1 2 A、2 1 2 B、エアベアリング2 1 0等）の重量比で決定される。このため、レチクルステージR S Tの走査方向の加速時の反力は固定子2 1 2 A、2 1 2 Bの移動によって吸収されるので、上記反力によってレチクルベース定盤4 2が振動するのを効果的に防止することができる。また、レチクルステージR S Tと固定子2 1 2 A、2 1 2 Bとが相対的に逆方向に移動して、レチクルステージR S T、レチクルベース定盤4 2等を含む系の全体の重心位置が所定の位置に維持されるので、重心位置の移動による偏荷重が発生しないようになっている。かかる詳細は、例えば、特開平8-6 3 2 3 1号公報及びこれに対応する米国特許出願第0 9 / 2 6 0, 5 4 4号に開示されている。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内

法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許出願における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

図 1 に戻り、前記レチクルステージ R S T の一部には、その位置や移動量を計測するための位置検出装置であるレチクルレーザ干渉計 4 6 からの測長ビームを反射する移動鏡 4 8 が取り付けられている。レチクルレーザ干渉計 4 6 は、支持コラム 4 0 の上端部に固定されている。

これを更に詳述すると、図 4 に示されるように、レチクル微動ステージ 2 0 8 の - Y 方向の端部には、コーナーキューブから成る一対の Y 移動鏡 4 8 y1、4 8 y2 が固定され、また、レチクル微動ステージ 2 0 8 の + X 方向の端部には、Y 軸方向に延びる平面ミラーから成る X 移動鏡 4 8 x が固定されている。そして、これらの移動鏡 4 8 y1、4 8 y2、4 8 x に対して測長ビームを照射する 3 つのレーザ干渉計が実際には支持コラム 4 0 の上端部に固定されているが、図 1 においては、これらが代表的にレチクルレーザ干渉計 4 6、移動鏡 4 8 として示されている。また、各レーザ干渉計に対応した固定鏡は、投影光学系 P L の鏡筒の側面、あるいは各干渉計本体内に設けられている。そして、上記 3 つのレチクルレーザ干渉計によってレチクルステージ R S T（具体的にはレチクル微動ステージ 2 0 8）の X、Y、 θz 方向の位置計測が投影光学系 P L（又は本体コラムの一部）を基準としてそれぞれ行われるが、以下の説明においては、便宜上、レチクルレーザ干渉計 4 6 によって投影光学系 P L（又は本体コラムの一部）を基準として X、Y、 θz 方向位置計測が同時に個別に行われるものとする。また、以下においては、必要に応じて、上記の Y リニアモータ 2 0 2 A、2 0 2 B、一対の X ボイスコイルモータ 2 0 6 X と一対の Y ボイスコイルモータ 2 0 6 Y とによって、レチクルステージ R S T を X、Y、 θz 方向に駆動する駆動ユニット 4 4（図 3 参照）が構成されているものとして説明を行う。

上記のレチクルレーザ干渉計 4 6 によって計測されるレチクルステージ R S

T（即ちレチクルR）の位置情報（又は速度情報）は主制御装置50に送られる（図3参照）。主制御装置50は、基本的にはレチクルレーザ干渉計46から出力される位置情報（或いは速度情報）が指令値（目標位置、目標速度）と一致するように上記駆動ユニット44を構成するリニアモータ、ボイスコイルモータ等を制御する。

図1に戻り、前記投影光学系PLとしては、ここでは、物体面（レチクルR）側と像面（ウエハW）側の両方がテレセントリックで円形の投影視野を有し、石英や螢石を光学硝材とした屈折光学素子（レンズ素子）のみから成る1/4（又は1/5）縮小倍率の屈折光学系が使用されている。このため、レチクルRにパルス紫外光が照射されると、レチクルR上の回路パターン領域のうちのパルス紫外光によって照明された部分からの結像光束が投影光学系PLに入射し、その回路パターンの部分倒立像がパルス紫外光の各パルス照射の度に投影光学系PLの像面側の円形視野の中央にスリット状または矩形状（多角形）に制限されて結像される。これにより、投影された回路パターンの部分倒立像は、投影光学系PLの結像面に配置されたウエハW上の複数のショット領域のうちの1つのショット領域表面のレジスト層に縮小転写される。

なお、投影光学系PLを特開平3-282527号公報及びこれに対応する米国特許第5,220,454号に開示されているように屈折光学素子と反射光学素子（凹面鏡やビームスプリッタ等）とを組み合わせたいわゆるカタディオプトリック系としてもよいことは勿論である。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及びこれに対応する米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

前記本体コラム14は、床面FDに水平に載置された装置の基準となる第1のベースプレートBP1上に設けられた3本の支柱54A～54C（但し、図1においては紙面奥側の支柱54Cは図示せず、図2参照）及びこれらの支柱54A～54Cの上部に固定された防振ユニット56A～56C（但し、図1

においては紙面奥側の防振ユニット５６Ｃは図示せず、図２参照）を介してほぼ水平に支持された鏡筒定盤５８と、この鏡筒定盤５８上に立設された前記支持コラム４０とによって構成されている。本実施形態では、支持コラム４０の上面に、第２部分照明光学系１０Ｐ２の照明系ハウジング２６Ｂを支持する支持部材４１Ａ、４１Ｂが固定されている。

前記ベースプレートＢＰ１としては、本実施形態では、平面視で一部に矩形の開口が形成された矩形状、すなわち矩形枠状のものが用いられている。

図２には、図１の露光装置１０の本体コラム１４の一部を構成する鏡筒定盤５８より下方の構成各部の図１の右側面図が一部断面して示されている。この図２に示されるように、前記防振ユニット５６Ｂは、支柱５４Ｂの上部に直列に配置された内圧が調整可能なエアマウント６０とボイスコイルモータ６２とを含んで構成されている。残りの防振ユニット５６Ａ、５６Ｃも、同様に支柱５４Ａ、５４Ｃの上部にそれぞれ直列に配置されたエアマウント６０とボイスコイルモータ６２とを含んで構成されている。防振ユニット５６Ａ～５６Ｃによって、第１のベースプレートＢＰ１及び支柱５４Ａ～５４Ｃを介して鏡筒定盤５８に伝わる床面ＦＤからの微振動がマイクロＧレベルで絶縁されるようになっている。

前記鏡筒定盤５８は鋳物等で構成されており、その中央部の開口５８ａの内部に投影光学系ＰＬがその光軸ＡＸ方向をＺ軸方向として上方から挿入されている。投影光学系ＰＬの鏡筒部の外周部には、該鏡筒部に一体化されたフランジＦＬＧが設けられている。このフランジＦＬＧの素材としては、低熱膨張の材質、例えばインバー（Inver；ニッケル３６％、マンガン０．２５％、及び微量の炭素と他の元素を含む鉄からなる低膨張の合金）が用いられており、このフランジＦＬＧは、投影光学系ＰＬを鏡筒定盤５８に対して点と面とＶ溝とを介して３点で支持するいわゆるキネマティック支持マウントを構成している。このようなキネマティック支持構造を採用すると、投影光学系ＰＬの鏡筒定盤

5 8 に対する組み付けが容易で、しかも組み付け後の鏡筒定盤 5 8 及び投影光学系 P L の振動、温度変化、姿勢変化等に起因する応力を最も効果的に軽減できるという利点がある。

次に、ステージ装置及びその近傍の構成各部について、図 1 及び図 2 に基づいて説明する。

ステージ装置 1 1 は、ウエハ W を保持するウエハステージ W S T、このウエハステージ W S T を X Y 2 次元方向に駆動するステージ駆動機構（及び基板駆動機構）としての駆動ユニット 7 2（図 1 では図示せず、図 3 参照）、ウエハステージ W S T を移動可能に支持するステージベースとしてのステージ定盤 1 6 等を備えている。

これを更に詳述すると、ウエハステージ W S T の底面には、図 2 に示されるように、複数の非接触ベアリングであるエアベアリング（エアパッド）6 4 が固定されており、これらのエアベアリング 6 4 によってウエハステージ W S T がステージ定盤 1 6 上に例えば数ミクロン程度のクリアランスを介して浮上支持されている。

ステージ定盤 1 6 は、前述した第 1 のベースプレート B P 1 の矩形の開口部に配置され床面 F D に載置された第 2 のベースプレート B P 2 の上方に、アクティブなアクチュエータを含む 3 つの防振ユニット 6 6 A ~ 6 6 C（図 1 においては紙面奥側の防振ユニット 6 6 C は図示せず、図 2 参照）を介してほぼ水平に保持されている。防振ユニット 6 6 B は、図 2 に示されるように、エアマウント 6 8 とボイスコイルモータ 7 0 とを含んで構成されている。残りの防振ユニット 6 6 A、6 6 C も同様にエアマウント 6 8 とボイスコイルモータ 7 0 とによって構成されている。防振ユニット 6 6 A ~ 6 6 C によって、第 2 のベースプレート B P 2 を介してステージ定盤 1 6 に伝わる床面 F D からの微振動がマイクロ G レベルで絶縁できるようになっている。

前記ウエハステージ W S T は、2 組のリニアモータを含む駆動ユニット 7 2

(図1では図示せず、図3参照)によって、ステージ定盤16上をXY2次元方向に駆動されるようになっている。これを更に詳述すると、ウエハステージWSTのX軸方向駆動は、図1に示される一対のリニアモータ74A、74Bによって行われる。これらのリニアモータ74A、74Bの固定子は、ウエハステージWSTのY軸方向両外側にX軸方向に沿って延設されており、一対の連結部材76によって両端部相互間が連結され、矩形の枠体78(図2参照)が構成されている。リニアモータ74A、74Bの可動子は、ウエハステージWSTのY軸方向両側面に突設されている。

また、枠体78を構成する一対の連結部材76又は前記リニアモータ74A、74Bの固定子の下端面には、図2に示されるように、電機子ユニット80A、80Bがそれぞれ設けられており、これらの電機子ユニット80A、80Bに対応して一対の磁石ユニット82A、82BがY軸方向に延設されている。これらの磁石ユニット82A、82Bは、第2のベースプレートBP2の上面にY軸方向に延設された一対の第1の伝達部材としてのリアクションフレーム84A、84Bの上面に固定されている。この場合、前記電機子ユニット80Aと磁石ユニット82Aとによってムービングコイル型のリニアモータ86Aが構成されている。同様に前記電機子ユニット80Bと磁石ユニット82Bとによってムービングコイル型のリニアモータ86Bが構成されている。そして、これらのリニアモータ86A、86Bによって枠体78と一体的にウエハステージWSTがY軸方向に駆動されるようになっている。

すなわち、本実施形態では、ステージ駆動機構(及び基板駆動機構)としての駆動ユニット72を構成するリニアモータ86A、86Bが、リアクションフレーム84A、84Bの上面にそれぞれ設けられた固定子としての磁石ユニット82A、82Bと、該固定子82A、82Bとの間の電磁氣的相互作用(具体的にはローレンツ電磁力)によってウエハステージWSTとともにY軸方向に駆動される可動子としての電機子ユニット80A、80Bとを有している。

このようにして、２組のリニアモータ 7 4 A、7 4 B、8 6 A、8 6 Bを含む駆動ユニット 7 2 が構成され、この駆動ユニット 7 2 によってウエハステージ W S T が投影光学系 P L の像面と平行な X Y 平面に沿って 2 次元的に駆動されるようになっている。本実施形態では、駆動ユニット 7 2 はステージ定盤 1 6 の外部のリアクションフレーム 8 4 A、8 4 B によって独立して支持されているので、ウエハステージ W S T の X Y 平面内での加速時や減速時に発生する反力は、リアクションフレーム 8 4 A、8 4 B を介してベースプレート B P 2 に伝わり、ステージ定盤 1 6 には直接伝わらないようになっている。すなわち、本第 1 の実施形態では、ステージ定盤 1 6 とウエハステージ W S T とは振動に関して独立している。

しかしながら、先にも述べたように、ウエハステージ W S T の加速時や減速時に発生する反力は、ウエハステージ W S T が大型化したり、あるいは高加速度化、高速化するのに応じて大きくなり、その反力によってリアクションフレーム 8 4 A、8 4 B が振動して、その振動（及び力）がベースプレート B P 2 に伝わり、この振動が防振ユニット 6 6 A～6 6 C で減衰された後、ステージ定盤 1 6 に伝達されて該ステージ定盤 1 6 の振動要因となる可能性がある。例えば、走査露光時等にウエハステージ W S T を Y 軸方向に駆動する際を考えると、上記のリアクションフレーム 8 4 A、8 4 B の振動は、ウエハステージの等速移動時の固定子 8 2 A、8 2 B の振動要因となる可能性がある。

あるいは、リアクションフレーム 8 4 A、8 4 B の振動（及び力）がベースプレート B P 2 を介して設置床 F D に伝わり、さらにベースプレート B P 1 を介して防振ユニット 5 6 A～5 6 C で減衰された後に鏡筒定盤 5 8 に伝達し、その伝達された振動（及び力）が鏡筒定盤 5 8、更には投影光学系 P L、後述する位置検出装置であるレーザ干渉計 9 0 X、9 0 Y の振動要因となる可能性を否定できない。

そこで、本実施形態では、かかる点に鑑みて、図 2 に示されるように、リア

クションフレーム 84 A、84 B に、前記反力に起因するリアクションフレーム 84 A、84 B の振動を減衰させる第 1 の減衰部材 85 がそれぞれ複数個固定されている。この第 1 の減衰部材 85 としては、ここでは圧電素子、例えばピエゾセラミック素子が用いられている。以下の説明においては、この第 1 の減衰部材 85 を適宜「圧電素子 85」と呼ぶ。これにより、圧電素子 85 によってリアクションフレーム 84 A、84 B の振動（及び力）が減衰され、該リアクションフレーム 84 A、84 B を介してベースプレート B P 2 に伝達される力及び該リアクションフレーム 84 A、84 B の振動に起因する固定子 82 A、82 B の振動を減衰させることができる。この結果、本実施形態では、ウエハステージ W S T の位置制御性（位置決め性能を含む）を向上させることができるとともに、ウエハステージ W S T の加減速時に発生する反力が、ステージ定盤 16、鏡筒定盤 58、投影光学系 P L、レーザ干渉計 90 X、90 Y 等の各部に与える影響を一層低減することができるようになっている。この場合、圧電素子 85 は、リアクションフレーム 84 A、84 B の振動によって最大歪み（最大撓み）が生じる位置に取り付けられている。これは、リアクションフレーム 84 A、84 B の振動を効果的に抑制するためである。

ここで、各圧電素子 85 によるリアクションフレーム 84 A、84 B の振動減衰をより一層効果的に行うために、各圧電素子 85 の両端の電極（対向電極）をそれぞれ抵抗素子を介して接地（アース）しても良い。このようにすると、リアクションフレーム 84 A、84 B の振動に起因して圧電素子 85（ある種の誘電体結晶）に力学的応力が作用し、圧電素子 85 に電气的分極が生じる（圧電効果）ので、上記抵抗素子を電流が流れることにより、振動による力学的エネルギーを熱エネルギーに積極的に変換することができる。なお、必ずしも抵抗素子を設けなくても振動による力学的エネルギーは最終的に熱エネルギーに変わる。

前記ウエハステージ W S T の上面に、ウエハホルダ 88 を介してウエハ W が真空吸着等によって固定されている。ウエハステージ W S T の X Y 位置は、図

1 及び図 2 に示されるように、投影光学系 PL の鏡筒下端にそれぞれ固定された参照鏡 Mr 1、Mr 2 を基準としてウエハステージ WST の一部に固定された移動鏡 Ms 1、Ms 2 の位置変化を計測するレーザ干渉計 90 Y、90 X によって所定の分解能、例えば 0.5 ~ 1 nm 程度の分解能でリアルタイムに計測される。これらのレーザ干渉計 90 X、90 Y の計測値は、主制御装置 50 に供給されるようになっている（図 3 参照）。ここで、レーザ干渉計 90 Y、90 X の少なくとも一方は、測長軸を 2 軸以上有する多軸干渉計であり、従って、主制御装置 50 では、レーザ干渉計 90 Y、90 X の計測値に基づいて、ウエハステージ WST の XY 位置のみならず、 θ_z 回転量、あるいはこれらに加えレベリング量をも求めることができるようになっている。

前記ステージ定盤 16 には、図 1 及び図 2 では図示が省略されているが、実際には、ステージ定盤 16 の Z 方向の振動を計測する 3 つの振動センサ（例えば加速度計）と XY 面内方向の振動を計測する 3 つの振動センサ（例えば加速度計）（例えばこの内の 2 つの振動センサは、ステージ定盤 16 の Y 方向の振動を計測し、残りの振動センサは X 方向の振動を計測する）とが取り付けられている。以下においては、便宜上、これら 6 つの振動センサを総称して振動センサ群 92 と呼ぶものとする。この振動センサ群 92 の計測値は、主制御装置 50 に供給されるようになっている（図 3 参照）。従って、主制御装置 50 では振動センサ群 92 の計測値に基づいてステージ定盤 16 の 6 自由度方向（X、Y、Z、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z 方向）の振動を求めることができる。

また、本実施形態では、前述したように、特開平 8-63231 号公報及びこれに対応する米国特許出願第 09/260,544 号に開示されるようないわゆるカウンタウエイト方式のレチクルステージが採用され、レチクルステージ RST、固定子（212A、212B）及びレチクルベース定盤 42 の 3 者間の摩擦が零であれば、レチクルステージ RST の移動に伴う反力／偏荷重は理論的には零となる筈であるが、実際には摩擦力は零ではなく、また力の作用

線等が異なる等の理由から零とはならない。

このため、本体コラム 14 を構成する鏡筒定盤 58 には、図 1 及び図 2 では図示が省略されているが、実際には、本体コラム 14 の Z 方向の振動を計測する 3 つの振動センサ（例えば加速度計）と X Y 面内方向の振動を計測する 3 つの振動センサ（例えば加速度計）（例えば、この内の 2 つの振動センサは、本体コラム 14 の Y 方向の振動を計測し、残りの振動センサは、本体コラム 14 の X 方向の振動を計測する）とが取り付けられている。以下においては、便宜上、これら 6 つの振動センサを総称して振動センサ群 96 と呼ぶものとする。この振動センサ群 96 の計測値は、主制御装置 50 に供給されるようになっている（図 3 参照）。従って、主制御装置 50 では、振動センサ群 96 の計測値に基づいて本体コラム 14 の 6 自由度方向の振動を求めることができる。

また、本実施形態では、前述の如く、ステージ定盤 16 と鏡筒定盤 58 とは互いに異なるベースプレート B P 2、B P 1 によってそれぞれ支持されているため、ステージ定盤 16 と鏡筒定盤 58 との相対位置関係を確認する必要がある。

そのため、図 2 に示されるように、ベースプレート B P 1 上に、鏡筒定盤 58 に固定されたターゲット 97 を介してベースプレート B P 1 に対する鏡筒定盤 58 の位置を計測する位置センサ 98 と、ステージ定盤 16 に固定されたターゲット 93 を介してベースプレート B P 1 に対するステージ定盤 16 の位置を計測する位置センサ 94 とが設けられている。

前記ターゲット 93 としては、例えば、図 5 に示されるように、ステージ定盤 16 に基端が固定され、その先端部に X、Y、Z 軸にそれぞれ垂直な反射面 93 a、93 b、93 c が形成された L 字部材が用いられる。この場合、位置センサ 94 として反射面 93 a、93 b、93 c に対してそれぞれ測長ビーム R I X、R I Y、R I Z を照射するレーザ干渉計を用いることができる。本実施形態では、このようなターゲット 93 とレーザ干渉計 94 とを複数組み用い

て、少なくともベースプレートB P 1を基準とするステージ定盤1 6のZ位置を2箇所、X位置を2箇所、Y位置を2箇所で計測するようになっているが、以下においては、便宜上、図2の位置センサ9 4によって、ベースプレートB P 1とステージ定盤1 6との上記6つの相対位置が計測されるものとする。この位置センサ9 4の計測値は、主制御装置5 0に供給されるようになっている(図3参照)。

位置センサ9 8も位置センサ9 4と同様に構成され、ベースプレートB P 1を基準とする鏡筒定盤5 8のZ位置を2箇所、X位置を2箇所、Y位置を2箇所で計測するようになっているが、以下においては、便宜上、図2の位置センサ9 8によって、ベースプレートB P 1と鏡筒定盤5 8との上記6つの相対位置が計測されるものとする。この位置センサ9 8の計測値も主制御装置5 0に供給されるようになっている(図3参照)。

従って、主制御装置5 0では、位置センサ9 4の計測値に基づいてベースプレートB P 1とステージ定盤1 6との6自由度方向の相対位置を求めることができるとともに、位置センサ9 8の計測値に基づいてベースプレートB P 1と鏡筒定盤5 8との6自由度方向の相対位置を求めることができる。

本実施形態では、ウエハステージW S Tの駆動時の反力がそのままステージ定盤1 6に伝わることはなく、その反力がリアクションフレーム8 4 A、8 4 Bを介してベースプレートB P 2に伝わり、その際に、その反力は圧電素子8 5によって減衰されることは、前述した通りである。通常、この減衰後の反力は許容できるレベル以下となる。しかしながら、ウエハステージW S Tが大型化、あるいは高加速度化、高速化した場合には、この反力の影響を無視できなくなる可能性もある。このような場合、減衰後の反力がベースプレートB P 2に伝わり、防振ユニット6 6 A～6 6 Cで更に減衰されてステージ定盤1 6に極く僅かに伝わり、ステージ定盤1 6を非常に僅かではあるが振動させる要因となる可能性がある。

かかる場合であっても、主制御装置 50 では、振動センサ群 92 の計測値に基づいて求めたステージ定盤 16 の 6 自由度方向の振動を除去すべく、防振ユニット 66 A ~ 66 C の速度制御を例えばフィードバック制御によって行い、ステージ定盤 16 の振動を確実に抑制することが可能である。また、主制御装置 50 では、位置センサ 94 の計測値に基づいてステージ定盤 16 のベースプレート B P 1 に対する 6 自由度方向の相対位置を求め、この相対位置の情報を用いて防振ユニット 66 A ~ 66 C を制御することにより、ステージ定盤 16 をベースプレート B P 1 を基準として定常的に安定した位置に維持することができるようにしている。

また、主制御装置 50 では、例えばレチクルステージ R S T の移動時等には、振動センサ群 96 の計測値に基づいて求めた本体コラム 14 の 6 自由度方向の振動を除去すべく、防振ユニット 56 A ~ 56 C の速度制御を例えばフィードバック制御あるいはフィードバック制御及びフィードフォワード制御によって行い、本体コラム 14 の振動を効果的に抑制することが可能である。また、主制御装置 50 では、位置センサ 98 の計測値に基づいて本体コラム 14 のベースプレート B P 1 に対する 6 自由度方向の相対位置を求め、この相対位置の情報を用いて防振ユニット 56 A ~ 56 C を制御することにより、鏡筒定盤 58 をベースプレート B P 1 を基準として定常的に安定した位置に維持することもできるようにしている。

さらに、本実施形態では、図 2 に示されるように、投影光学系 P L のフランジ F L G の異なる 3 箇所 3 つのレーザ干渉計 102 が固定されている(但し、図 2 においてはこれらのレーザ干渉計の内の 1 つが代表的に示されている)。

これらの 3 つのレーザ干渉計 102 に対向する鏡筒定盤 58 の部分には、開口 58 b がそれぞれ形成されており、これらの開口 58 b を介してそれぞれのレーザ干渉計 102 から Z 軸方向の測長ビームがステージ定盤 16 に向かって照射されている。ステージ定盤 16 の上面の各測長ビームの対向位置には、反

射面がそれぞれ形成されている。このため、上記3つのレーザ干渉計102によってステージ定盤16の異なる3点のZ位置がフランジFLGを基準としてそれぞれ計測される。但し、図2においては、ウエハステージWST上のウエハWの中央のショット領域が投影光学系PLの光軸AXの直下にある状態が示されているため、測長ビームがウエハステージWSTで遮られた状態となっている。なお、ウエハステージWSTの上面に反射面を形成して、この反射面上の異なる3点のZ方向位置を投影光学系PL又はフランジFLGを基準として計測する干渉計を設けても良い。

上記レーザ干渉計102の計測値も主制御装置50に供給されるようになっており（図3参照）、主制御装置50では、例えば、ウエハ周辺部の露光の際等に投影光学系PLとステージ定盤16との投影光学系PLの光軸AX方向及び光軸に直交する面に対する傾斜方向の3自由度方向（Z、 θ_x 、 θ_y ）の位置関係を求めることができる。

図1に戻り、ベースプレートBP1上には、レチクルRをレチクルステージRSTに対して搬入及び搬出するレチクルローダ110と、ウエハWをウエハステージWSTに対して搬入及び搬出するウエハローダ112も搭載されている。レチクルローダ110、ウエハローダ112は主制御装置50の管理下に置かれている（図3参照）。

主制御装置50では、例えばレチクル交換に際しては、レチクルレーザ干渉計46の計測値と位置センサ98の計測値とに基づいてレチクルローダ110を制御することにより、搬送時のベースプレートBP1を基準とするレチクルステージRSTの位置を定常的に一定に保つことができ、結果的にレチクルステージRST上の所望の位置にレチクルRをロードすることができる。

同様に、主制御装置50では、ウエハ交換時等においてもレーザ干渉計90X、90Yの計測値と位置センサ94の計測値とに基づいてウエハローダ112を制御することにより、ベースプレートBP1を基準とするウエハステージ

W S Tの位置を定常的に一定に保つことができ、結果的にウエハステージW S T上の所望の位置にウエハWをロードすることができる。

前記第1部分照明光学系I O P 1の照明系ハウジング2 6 Aは、第1、第2のベースプレートB P 1、B P 2とは独立して床面F Dに載置された第3のベースプレートB P 3上に3点支持の防振台1 1 6を介して搭載された支持コラム1 1 8によって支持されている。この防振台1 1 6としても、防振ユニット5 6 A～5 6 C、6 6 A～6 6 Cと同様に、エアマウントとボイスコイルモータ（アクチュエータ）と支持コラム1 1 8に取り付けられた振動検出センサ（例えば加速度計）を備えたアクティブ防振台が用いられており、この防振台1 1 6によって床面F Dからの振動がマイクロGレベルで絶縁される。

さらに、本第1の実施形態では、第2部分照明光学系I O P 2とレチクルベース定盤4 2との6自由度方向の相対位置を計測するベース干渉計1 2 0（図3参照）を備えている。

これを更に詳述すると、図4に示されるように、レチクルベース定盤4 2の上面には、第2部分照明光学系I O P 2の照明系ハウジング2 6 Bに対向して配置された前述したターゲット9 3と同様のL字状部材から成る一対のターゲット2 3 0 A、2 3 0 Bが固定されており、これらのターゲット2 3 0 A、2 3 0 BのX、Y、Z方向の位置をそれぞれ計測する合計6つのレーザ干渉計（図4では図示せず）が、照明系ハウジング2 6 Bに固定されている。これら6つのレーザ干渉計によって図3のベース干渉計1 2 0が構成されている。このベース干渉計1 2 0からの6つの計測値、すなわちX、Y、Z方向の各2つの位置情報（変位情報）は、主制御装置5 0に送られるようになっている。そして、主制御装置5 0ではこのベース干渉計1 2 0からの6つの計測値に基づいて第2部分照明光学系I O P 2とレチクルベース定盤4 2との6自由度方向（X、Y、Z、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z 方向）の相対位置を定めることができるようになっている。

従って、主制御装置 50 では、上記ベース干渉計 120 からの計測値に基づいて求めた 6 自由度方向の相対位置に基づいて、駆動ユニット 44 を介してレチクルステージ RST（レチクル微動ステージ 208）の XY 面内の位置を調整するとともに、防振ユニット 56A～56C を制御することにより、第 2 部分照明光学系 IOP2 とレチクル R との 6 自由度方向の相対位置関係を微調整する。

また、主制御装置 50 では、振動センサ群 96 の計測値に基づいて防振ユニット 56A～56C を制御することにより本体コラム 14 の粗振動を抑制し、ベース干渉計 120 の計測値に基づいてレチクルステージ RST（レチクル微動ステージ 208）の位置を制御することにより、本体コラム 14 の微振動をも効果的に抑制することができる。

図 3 には、上述した露光装置 10 の制御系の構成が簡単に示されている。この制御系は、ワークステーション（又はマイクロコンピュータ）から成る主制御装置 50 を中心として構成されている。主制御装置 50 は、これまでに説明した各種の制御を行う他、装置全体を統括的に制御する。

次に、上述のようにして構成された露光装置 10 における露光動作について説明する。

前提として、ウエハ W 上のショット領域を適正露光量（目標露光量）で走査露光するための各種の露光条件が予め設定される。また、不図示のレチクル顕微鏡及び不図示のオフアクシス・アライメントセンサ等を用いたレチクルアライメント、ベースライン計測等の準備作業が行われ、その後、アライメントセンサを用いたウエハ W のファインアライメント（EGA（エンハンスド・グローバル・アライメント）等）が終了し、ウエハ W 上の複数のショット領域の配列座標が求められる。

このようにして、ウエハ W の露光のための準備動作が終了すると、主制御装置 50 では、アライメント結果に基づいてレーザ干渉計 90X、90Y の計測

値をモニタしつつ駆動ユニット72を制御してウエハWの第1ショットの露光のための走査開始位置にウエハステージWSTを移動する。

そして、主制御装置50では駆動ユニット44、72を介してレチクルステージRSTとウエハステージWSTとのY方向の走査を開始し、両ステージRST、WSTがそれぞれの目標走査速度に達すると、パルス紫外光によってレチクルRのパターン領域が照明され始め、走査露光が開始される。

この走査露光の開始に先立って、光源12の発光は開始されているが、主制御装置50によってレチクルブラインド機構28Mを構成する可動ブラインドの各ブレードの移動がレチクルステージRSTの移動と同期制御されているため、レチクルR上のパターン領域外へのパルス紫外光の照射が遮光されることは、通常のスキヤニング・ステッパと同様である。

主制御装置50では、特に上記の走査露光時にレチクルステージRSTのY軸方向の移動速度 V_r とウエハステージWSTのY軸方向の移動速度 V_w とが投影光学系PLの投影倍率(1/5倍或いは1/4倍)に応じた速度比に維持されるように駆動ユニット44、駆動ユニット72を介してレチクルステージRST及びウエハステージWSTを同期制御する。

そして、レチクルRのパターン領域の異なる領域がパルス紫外光で逐次照明され、パターン領域全面に対する照明が完了することにより、ウエハW上の第1ショットの走査露光が終了する。これにより、レチクルRのパターンが投影光学系PLを介して第1ショットに縮小転写される。

このようにして、第1ショットの走査露光が終了すると、主制御装置50により駆動ユニット72を介してウエハステージWSTがX、Y軸方向にステップ移動され、第2ショットの露光のための走査開始位置に移動される。このステッピングの際に、主制御装置50ではウエハステージWSTの位置(ウエハWの位置)を検出する位置検出装置であるレーザ干渉計90X、90Yの計測値に基づいてウエハステージWSTのX、Y、 θ_z 方向の位置変位をリアルタ

イムに計測する。この計測結果に基づき、主制御装置50では駆動ユニット72を制御してウエハステージWSTのXY位置変位が所定の状態になるようにウエハステージWSTの位置を制御する。

また、主制御装置50ではウエハステージWSTの θ_z 方向の変位の情報に基づいて駆動ユニット44を制御し、そのウエハW側の回轉變位の誤差を補償するようにレチクルステージRST（レチクル微動ステージ208）を回転制御する。

そして、主制御装置50では第2ショットに対して上記と同様の走査露光を行う。

このようにして、ウエハW上のショットの走査露光と次ショット露光のためのステッピング動作とが繰り返し行われ、ウエハW上の露光対象ショットの全てにレチクルRのパターンが順次転写される。

ところで、上記では特に説明をしなかったが、最近のスキャニング・ステッパと同様に、ウエハW上の各ショット領域に対する走査露光中、主制御装置50では、不図示の焦点検出系の計測値に基づいて焦点深度数百nm以下でフォーカスを合わせて露光を行うようになっている。

しかし、このようなウエハWのショットの走査露光中のフォーカス制御のみでは、デバイスルールがますます微細化する今日にあっては、ウエハW上に転写されたパターン像の線幅の均一性を高精度に確保することが困難になりつつある。これは、ウエハ周辺のショットの場合、その隣接ショットの存在しない側とそうでない側とでは、いわゆるフレアの影響の相違等に起因してパターン像の線幅が異なるためである。かかる不都合の発生を未然に防止あるいは抑制するためには、ウエハW上の周辺ショットの更に外側に仮想のショットを想定したダミー露光を行うことが望ましい。

そこで、本実施形態では、このダミー露光の際に、前述したレーザ干渉計102の計測値に基づいて、投影光学系PLとステージ定盤16との投影光学系

PLの光軸AX方向及び光軸に直交する面に対する傾斜方向の3自由度方向(Z 、 θ_x 、 θ_y)の位置関係を求め、防振ユニット66A～66C等を制御することにより、ウエハステージWSTのフォーカス・レベリング制御を行うようになっている。従って、上記のダミー露光に際しても、高精度なフォーカス制御が可能であり、結果的、線幅制御性の向上も可能である。

以上詳細に説明したように、本第1の実施形態の露光装置10によると、本体コラム14を支持する防振ユニット56A～56CがベースプレートBP1に搭載され、ステージ定盤16を支持する防振ユニット66A～66CがベースプレートBP1とは独立して床面FDに載置されたベースプレートBP2に搭載されているので、ベースプレートBP1、BP2相互間では、直接的な振動の伝達はなく、床面FDを介して振動が伝達されるのみである。このため、ステージ定盤16上に支持されたウエハステージWSTの移動時(駆動時)の反力が、ベースプレートBP1に直接的に伝わることはない。また、ウエハステージWSTの加減速時に生じる反力は、リアクションフレーム84A、84Bを介してベースプレートBP2に伝わるが、この際この反力は、圧電素子85によって減衰される。従って、ベースプレートBP2に伝わるウエハステージWSTの加減速時に生じる反力は非常に小さな力であり、これが床面FDを介してベースプレートBP1に伝わったとしても、該ベースプレートBP1上に搭載された本体コラム14に支持された投影光学系PLに無視できない程度に大きな振動を生じさせる可能性はない。従って、ウエハステージの加減速時に生じる反力が装置各部に与える影響を極力小さく出来るので、ウエハステージの大型化あるいは高速化・高加速度化を図ることができる。また、上記のリアクションフレーム84A、84Bの振動が圧電素子85によって減衰される結果、ウエハステージWSTの位置制御性をも向上させることができる。

また、防振ユニット56A～56Cとしてアクティブ防振台が採用され、主制御装置50が、ベースプレートBP1と本体コラム14との相対位置を計測

する位置センサ 9 8 の計測値に基づいて防振ユニット 5 6 A ~ 5 6 C を制御するようになっていることから、本体コラム 1 4、従ってこれに支持される投影光学系 P L をベースプレート B P 1 を基準とした安定した位置に維持することができる。また、本体コラム 1 4 にレチクルステージ R S T が搭載されているが、該レチクルステージ R S T としてカウンタウエイト方式のステージが採用されているので、レチクルステージ R S T の移動による反力による本体コラム 1 4 の振動は僅かである。また、この僅かな本体コラム 1 4 の振動も本体コラム 1 4 を支持する防振ユニット 5 6 A ~ 5 6 C によって抑制あるいは除去することができる。

また、防振ユニット 6 6 A ~ 6 6 C として、アクティブ防振台が採用され、主制御装置 5 0 がベースプレート B P 1 とステージ定盤 1 6 との相対位置を計測する位置センサ 9 4 の計測値に基づいて防振ユニット 6 6 A ~ 6 6 C を制御するようになっていることから、ステージ定盤 1 6 をベースプレート B P 1 を基準とする安定した位置に維持することができる。また、ウエハステージ W S T の移動により生ずるステージ定盤 1 6 の振動は防振ユニット 6 6 A ~ 6 6 C によって抑制あるいは除去することができる。

従って、本実施形態では、投影光学系 P L の振動に起因するパターン転写位置ずれや像ボケ等の発生を効果的に防止して露光精度の向上を図ることができる。

また、上述した数々の工夫により、装置各部の振動や応力を低減し、装置各部間の相対位置関係をより高精度に維持・調整できるので、ウエハステージ W S T をより高加速度化、高速化、大型化することが可能であり、これによりスループットの向上をも図ることができるという効果がある。

なお、上記実施形態では、主制御装置 5 0 によって、防振ユニット、防振台、レチクルローダ及びウエハローダの全てが制御される場合について説明したが、本発明がこれに限定されることはなく、これらを各別に制御するコントローラ

をそれぞれ設けても良く、あるいはこれらの任意の組み合わせを複数のコントローラで制御するようにしても良い。

また、上記実施形態では、防振ユニット、防振台の全てがアクティブ防振台である場合について説明したが、本発明がこれに限定されないことは勿論である。すなわち、これらの全て、これらのいずれか、あるいは任意の複数がパッシブ防振台であっても良い。

《第2の実施形態》

次に、本発明の第2の実施形態を図6～図8に基づいて説明する。ここで、前述した第1の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略にし若しくは省略するものとする。

図6には、第2の実施形態に係る露光装置100の主要部の構成が概略的に示されている。この露光装置100は、第1の実施形態の露光装置10と同様に、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式でマスクとしてのレチクルRのパターンを基板としてウエハW上に転写する縮小投影露光装置、すなわちいわゆるスキャンニング・ステッパである。

この露光装置100は、レチクルステージRST及びその駆動機構等、並びに保持部としての本体コラム14の構成が前述した露光装置10と大きく異なるので、以下においては、これらの点を中心として説明する。

前記本体コラム14は、床面FDに水平に載置された装置の基準となる第1のベースプレートBP1上に設けられた3本の支柱54A～54C（但し、図6においては紙面奥側の支柱54Cは図示せず、図2参照）及びこれらの支柱54A～54Cの上部に固定された防振ユニット56A～56C（但し、図6においては紙面奥側の防振ユニット56Cは図示せず、図2参照）を介してほぼ水平に支持された鏡筒定盤58と、この鏡筒定盤58上に立設された支持コラム40とによって構成されている。この内、支持コラム40は、鏡筒定盤58の上面に植設された4本の柱59とこれらの柱59によって水平に保持され

たレチクルベース定盤４２とから構成されている。

前記レチクルステージＲＳＴは、その底面に非接触ベアリングであるエアベアリング（エアパッド）６５が複数固定されており、これらのエアパッド６５によってレチクルベース定盤４２の上方に浮上支持されている。このレチクルステージＲＳＴは、マスク駆動機構としての駆動ユニット１４５（図６では図示せず、図８参照）によって走査方向であるＹ軸方向に所定ストローク範囲で駆動されるようになっている。なお、レチクル駆動ユニット１４５については後述する。

レチクルステージＲＳＴには、レチクルＲを吸着保持して非走査方向（Ｘ軸方向）に微少駆動する不図示のレチクル微動ステージが設けられている。しかしながら、レチクルＲの非走査方向（Ｘ軸方向）の駆動は、本発明との関連が薄いので、以下の説明においては、レチクルＲの非走査方向駆動系についてはその説明を省略するものとする。

ここで、駆動ユニット１４５の具体的構成等について図７に基づいて説明する。この図７の斜視図に示されるように、レチクルステージＲＳＴのＸ軸方向の両側面のＺ方向ほぼ中心位置には、コイルを内蔵しＹ軸方向に延びる可動子２１４Ａ、２１４Ｂがそれぞれ一体的に設けられ、これらの可動子２１４Ａ、２１４Ｂにそれぞれ対向して断面コの字状の一对の固定子２１２Ａ、２１２Ｂが配置されている。固定子２１２Ａ、２１２Ｂは、固定子ヨークとこの固定子ヨークの延設方向に沿って所定間隔で配置された交番磁界を生じさせる多数の永久磁石とによって構成されている。すなわち、本実施形態では、可動子２１４Ａと固定子２１２Ａとによってムービングコイル型のリニアモータ２０２Ａが構成され、また、可動子２１４Ｂと固定子２１２Ｂとによってムービングコイル型のリニアモータ２０２Ｂが構成されている。また、これら一組のリニアモータ２０２Ａ、２０２Ｂ及び不図示の微動ステージの駆動系によって、前述した駆動ユニット１４５が構成される。リニアモータ２０２Ａ、２０２Ｂを含

むマスク駆動機構としての駆動ユニット 1 4 5 は、主制御装置 5 0（図 8 参照）によって制御されるようになっている。

前記固定子 2 1 2 A、2 1 2 B は、図 6 及び図 7 に示されるように、それぞれの長手方向を Y 軸方向として門形のフレーム 1 3 0 によって水平に支持されている。

これを更に詳述すると、フレーム 1 3 0 は、図 6 及び図 7 に示されるように、相互に対向して X Z 面に沿ってそれぞれ配設され、第 1 のベースプレート B P 1 上に配置された第 1、第 2 の鉛直部材 1 3 2、1 3 4 と、これらの上端部相互間を連結する水平板 1 3 6 とから構成されている。一方の固定子 2 1 2 A の長手方向の一端と他端は、矩形板状の取付部材 3 8 A、1 3 8 B をそれぞれ介して、第 1、第 2 の鉛直部材 1 3 2、1 3 4 の内壁面に固定支持されている。同様に、他方の固定子 2 1 2 B の長手方向の一端と他端は、矩形板状の取付部材 1 3 8 C、1 3 8 D をそれぞれ介して、第 1、第 2 の鉛直部材 1 3 2、1 3 4 の内壁面に固定支持されている。

前記水平板 1 3 6 のほぼ中央部には、開口 1 3 6 a が形成されており、この開口 1 3 6 a 内に主コンデンサーレンズ系 2 8 R の先端が挿入された状態で、該水平板 1 3 6 によって第 2 部分照明光学系 I O P 2 の射出端部が下方から支持されている。なお、第 2 部分照明光学系 I O P 2 の他端側は不図示の支持部材を介して水平板 1 3 6 に支持されている。本第 2 の実施形態では、第 1 の実施形態と異なりベース干渉計は、設けられていない（図 8 参照）。

前記レチクルステージ R S T は、図 7 に示されるように、その上面に、断面矩形の凹部 1 4 0 が形成され、この凹部 1 4 0 内部の底面の中央に矩形の開口 1 4 0 a が形成されている。そして、この開口 1 4 0 a を覆うような状態で、凹部 1 4 0 内にレチクル R が載置されるが、図 6 では、図示の便宜上からレチクルステージ R S T の上面にレチクル R が載置された状態が図示されている。

レチクルステージ R S T の + Y 側の側面には、一対のコーナキューブ（図示

省略) が設けられており、この一対のコーナーキューブを介してレチクルレーザ干渉計(以下、「レチクル干渉計」と略述する) 46 によってレチクルステージ RST の Y 位置が所定の分解能、例えば 0.5 ~ 1 nm 程度の分解能で計測されている。このレチクル干渉計 46 は、図 6 の支持コラム 40 上に固定されている。このレチクル干渉計 46 の参照鏡(固定鏡)は、図示は省略したが投影光学系 PL の鏡筒部に固定されている。レチクル干渉計 46 の計測値は、主制御装置 50 に供給されるようになっている(図 8 参照)。

前記フレーム 130 を構成する第 1 鉛直部材 132 の外面及び内面には、図 7 に示されるように、減衰部材としての piezoelectric 素子等の圧電素子 142 ($142_{11} \sim 142_{mn}$)、圧電素子 144 ($144_{11} \sim 144_{mn}$) がそれぞれ m 行 n 列のマトリクス状配置で固定されている(図 8 参照)。圧電素子 142_{ij} と圧電素子 144_{ij} ($i = 1 \sim m, j = 1 \sim n$) とは、相互に対向する位置に配置されている。

同様に、第 2 の鉛直部材 134 の外面及び内面には、減衰部材としての圧電素子 146 ($146_{11} \sim 146_{mn}$)、圧電素子 148 ($148_{11} \sim 148_{mn}$) がそれぞれ m 行 n 列のマトリクス状配置で固定されている(図 8 参照)。圧電素子 146_{ij} と圧電素子 148_{ij} ($i = 1 \sim m, j = 1 \sim n$) とは、相互に対向する位置に配置されている。

圧電素子 142、144、146、148 は、本実施形態では、図 8 に示されるように、主制御装置 50 に接続されており、主制御装置 50 では、レチクルステージ RST の駆動によって生じる反力に応じて、各圧電素子を制御することにより、第 1、第 2 の鉛直部材 132、134 の振動を相殺するような力を各圧電素子に生じさせるようになっている。この場合、第 1 の実施形態と異なり、圧電素子は、主として電氣的エネルギーの印加により力学的な歪みを生じる電気-機械変換素子として用いられる。すなわち、先に説明した圧電効果の逆効果(これも圧電効果と呼ばれる)である圧電素子(結晶)の両端(の電極

間)に電圧をかけたとき、力学的な歪みが生ずる効果を利用して、図6に、引張力 F_1 と圧縮力 F_2 、引張力 F_3 と圧縮力 F_4 とで代表的に示されるような、第1鉛直部材132、第2鉛直部材134に撓み変形を生じさせるような組みの力を発生させるような電圧を、圧電素子142_{ij}と圧電素子144_{ij}、圧電素子146_{ij}と圧電素子148_{ij}にそれぞれ印加するようになっている。すなわち、本第2の実施形態では、主制御装置50によってレチクルステージRSTの駆動によって生じる反力に応じて、各圧電素子(電気-機械変換素子)を制御する制御装置が構成されている。

この場合、主制御装置50では、例えばレチクルステージRSTに対する推力の指令値(レチクルステージ駆動力の指令値)に基づいて各圧電素子に対する印加電圧をフィードフォワード制御すれば良い。かかるフィードフォワード制御によれば、実際に第1、第2鉛直部材132、134に振動による撓み変形(以下、便宜上「変形A」と呼ぶ)が生ずるのに先立って、この撓み変形を相殺するような撓み変形(以下、便宜上「変形B」と呼ぶ)を生じさせることができるので、レチクルステージRSTの駆動による反力が固定子212A、212Bを介して第1鉛直部材132、第2鉛直部材134に伝達されると、上記の第1、第2鉛直部材132、134に生じた変形Aと、上記伝達された反力に起因する第1、第2鉛直部材132、134の振動による変形Bとが合成され、その結果第1鉛直部材132、第2鉛直部材134の振動の発生そのものが積極的に抑制される(変形A+変形B \approx 0)。

図8には、露光装置100の制御系の主要部が示されている。この制御系は、図3の制御系と同様に主制御装置50を中心として構成されている。この主制御装置50の入力端にベース干渉計が接続されていない点、及び圧電素子142~148が接続されている点以外は、図3の制御系と同様になっている。

また、その他の装置の構成部分も前述した第1の実施形態の露光装置10と同様になっている。

このようにして構成された本第2の実施形態の露光装置100によっても、前述した第1の実施形態と同等の効果を得られる他、レチクルステージRSTの駆動によって生じる反力が伝達されるフレーム130（具体的には、第1鉛直部材132、第2鉛直部材134）の振動の発生そのものを積極的に抑制することも可能である。

なお、上記第2の実施形態では、減衰部材として電気－機械変換素子の一種である圧電素子を用いる場合について説明したが、これに限らず、磁気歪みの特性を利用して電気振動を機械振動に変換する装置である磁歪素子、その他の電機－機械変換素子を減衰部材として用いることは可能である。

なお、上記第2の実施形態で説明したのと同様にして、ウエハステージWST側のリアクションフレーム84A、84Bに電気－機械変換素子（圧電素子等）を複数固定し、主制御装置50により、これらの圧電素子に印加する電圧をウエハステージWSTの駆動によって生じる反力に応じて制御するようにしても良く、かかる場合には、ウエハステージWSTの駆動によって生じる反力が伝達されるリアクションフレーム84A、84Bの振動の発生そのものを積極的に抑制することが可能となり、ベースプレートBP2に伝わる振動（及び力）をより一層低減することができる。

また、上記第2の実施形態において、圧電素子142、144、146、148を主制御装置50に接続することなく、前述した第1の実施形態の圧電素子85と同様の方法によってフレーム130（第1、第2の鉛直部材132、134）の振動減衰を主目的として用いても良いことは勿論である。

なお、上記第1、第2の実施形態では、ウエハステージWSTが、単一の2次元移動ステージであり、該ウエハステージWSTを走査方向に駆動するリニアモータの固定子がリアクションフレームに設けられた場合について説明したが、本発明がこれに限定されないことは勿論である。

すなわち、次に説明する第3の実施形態のように、ウエハステージWSTは、

例えばY軸方向に移動するYステージと、このYステージ上をウエハを保持してX方向に移動するXステージとを有する2段構造のXYステージであっても良く、ウエハステージWSTを移動可能に支持するステージベース（ステージ定盤）が、リアクションフレームによって本体コラムと振動に関して独立して支持されていても良い。

《第3の実施形態》

次に、本発明の第3の実施形態を図9及び図10に基づいて説明する。本第3の実施形態の露光装置は、ウエハWを保持するステージ装置のみが、前述した第1の実施形態の露光装置と異なるので、以下においては、このステージ装置を中心として説明する。なお、ここで前述した第1の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については同一の符号を用いるものとする。

図9には、第3の実施形態に係る露光装置を構成するステージ装置160の斜視図が示されている。このステージ装置160は、図1の第2のベースプレートBP2の上方に水平に配設され、L字状部材から成る第1の伝達部材としてのリアクションフレーム84C、84D、84E、84Fによって支持されたステージベースとしてのステージ定盤16と、このステージ定盤16の上面に配置された第1ステージとしてのYステージ162と、このYステージ162上に配置された第2のステージとしてのXステージ164とを備えている。Xステージ164の上面に不図示のウエハホルダを介して基板（及び試料）としてのウエハWが真空吸着等によって固定されている。

前記ステージ定盤16と第2のベースプレートBP2との間には、前述した防振ユニット66A～66Cが設けられている。

リアクションフレーム84C、84D及びリアクションフレーム84E、84Fのそれぞれの一端は、ステージ定盤16のY軸方向一側及び他側の側面に強固に固定されており、それぞれの他端は、第2のベースプレートBP2の上面にねじ止め等によって固定されている。リアクションフレーム84C、84

D、84E、84Fには、第1の減衰部材としての圧電素子85がそれぞれ固定されている。この場合も、リアクションフレーム84C、84D、84E、84Fの最大撓みが生じずる位置に圧電素子85がそれぞれ固定されている。

ステージ定盤16の上面には、Y軸方向に延びる一対のYガイド168A、168Bが固定されている。また、ステージ定盤16とYステージ162との間には、Yステージ162をYガイド168A、168Bに沿って走査方向であるY軸方向に駆動するリニアモータ86A、86B（図9では図示せず、図10参照）が設けられている。

同様に、Yステージ162の上面には、X軸方向に延びる一対のXガイド170A、170Bが固定され、これらのXガイド170A、170Bに沿ってXステージ164を非走査方向であるX軸方向に駆動するリニアモータ74A、74B（図9では図示せず、図10参照）がYステージ162とXステージ164との間に設けられている。すなわち、本第3の実施形態では、Yステージ162及びXステージ164によってウエハWを保持してXY2次元移動する試料ステージ（基板ステージ）としてのウエハステージWSTが構成され、このウエハステージWSTを駆動するステージ駆動機構（基板駆動機構）としての駆動ユニット72（図10参照）がリニアモータ86A、86B及びリニアモータ74A、74Bを含んで構成されている。

リニアモータ86A、86B、74A、74Bとしては、公知のムービング・マグネット型、あるいはムービング・コイル型のリニアモータが用いられる。

Yステージ162のX軸方向の両側面には、各一対のL字状部材から成る第2の伝達部材としてのリアクションフレーム172A、172B及びリアクションフレーム172C、172Dの一端が固定されてされている。これらのリアクションフレーム172A、172B及びリアクションフレーム172C、172Dのそれぞれ他端側には、リニアアクチュエータ174A、174B（但し、図9においてはリニアアクチュエータ174Bは図示せず、図10参

照)の可動子176が取り付けられている。これらのリニアのアクチュエータ174A、174Bの固定子178は、ベースプレートBP2の上面にY軸方向に沿って延設されている。

リアクションフレーム172A~172Dのそれぞれには、第2の減衰部材としての圧電素子180がそれぞれ固定されている。この場合も、リアクションフレーム172A~172Dのそれぞれの最大撓みが生ずる位置に圧電素子180が固定され、効果的な振動減衰が行われるようになっている。

図10には、本第3の実施形態の露光装置の制御系の主要部が示されている。この図10の制御系は、図3の制御系と同様に制御装置としての主制御装置50を中心として構成されている。この制御系は、主制御装置50の出力側に、リニアアクチュエータ174A、174Bが更に接続されている点を除けば、前述した図3の制御系と同様になっている。

この場合、主制御装置50では、走査露光時等にウエハステージWSTをY軸方向に駆動するに際しては、リニアモータ86A、86Bとともにリニアアクチュエータ174A、174Bを制御し、ウエハステージWSTと一体でリアクションフレーム172A~172DをY軸方向に駆動するようになっている。すなわち、本第3の実施形態では、主制御装置50によって、Yステージ162とリアクションフレーム172A~172Dとが一体的に移動するように、駆動ユニット72及びリニアアクチュエータ174A、174Bを制御する第1の制御装置が構成されている。

ステージ装置以外の他の構成部分は、前述した第1の実施形態と同様になっている。従って、Xステージ164のXY2次元位置は、前述したレーザ干渉計90X、90Yによって計測される。

このようにして構成された本第3の実施形態の露光装置によると、例えば、ショット間ステッピング時等におけるXステージ164の移動の際には、該Xステージ164の駆動力の反力がYステージ162に作用し、この反力がYス

ステージ162からリアクションフレーム172A~172Dに伝達され、これらのリアクションフレーム172A~172Dが振動するが、この振動は圧電素子180によって減衰される。従って、リアクションフレーム172A~172Dを介してベースプレートBP2に伝達されるXステージ164の移動時に生じる反力は十分に小さくなる。

また、走査露光時等において、ウエハステージWSTを走査方向に駆動する際には、その駆動力の反力がステージ定盤16に作用し、この反力がステージ定盤16からリアクションフレーム84C、84D、84E、84Fに伝達され、これらのリアクションフレーム84C、84D、84E、84Fが振動するが、この振動が圧電素子85によって減衰される。

従って、本第3の実施形態によっても、前述した第1の実施形態と同等の効果をを得ることができる。

なお、上記第3の実施形態において、Yステージ162をエアパッド等を用いてステージ定盤16上に浮上支持し、Yステージ162のX軸方向の両側面にリニアモータの可動子を設け、これらのリニアモータの固定子をリアクションフレーム172A、172B及びリアクションフレーム172C、172Dの先端に固定するような構成を採用することもできる。このようにすると、ウエハステージWSTとステージ定盤16とが振動に関し独立した状態となるので、ウエハステージの駆動の際の反力がステージ定盤16に直接伝達されなくなるので、例えばステージ定盤16上にXステージ164の2次元位置を計測する干渉計等を設置しても、ステージ定盤16の振動に起因して位置制御性が悪化するようなことがない。

また、上記第3の実施形態において、圧電素子85、180を主制御装置50に接続し、第2の実施形態と同様に、主制御装置50によりYステージ、Xステージの駆動によって生じる反力に応じて、各圧電素子85、180に印加する電圧をフィードフォワード制御するようにしても良く、かかる場合には、

リアクションフレームの振動の発生そのものを抑制することができる。この場合、主制御装置 50 によって第 1 の制御装置のみでなく、第 2 の制御装置が構成されることとなる。

あるいは、本第 3 の実施形態においても、圧電素子 85、180 の両端の電極（対向電極）をそれぞれ抵抗素子を介して接地（アース）しても良い。このようにすると、前述と同様にして、リアクションフレーム 84C～84F 及びリアクションフレーム 172A～172D の振動による力学的エネルギーを熱エネルギーに積極的に変換することができ、圧電素子 85、180 によるリアクションフレーム 84C～84F、リアクションフレーム 172A～172D の振動減衰をより一層効果的に行うことができる。

《第 4 の実施形態》

以下、本発明の第 4 の実施形態について、図 11 に基づいて説明する。ここで、前述した第 1 の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略化し若しくは省略するものとする。

図 11 には、第 4 の実施形態に係る露光装置 150 の全体構成が概略的に示されている。

この露光装置 150 は、前述した第 1 の実施形態の露光装置 10 と同様に、レチクル R とウエハ W とを同期移動しつつ、レチクルに形成された半導体デバイスの回路パターンをウエハ W 上に転写する、スキャニング・ステッパである。

この露光装置 150 は、装置の基準となるベースプレートの構成、投影光学系を支持する本体コラムの構成、及びレチクルステージ RST を駆動する駆動ユニット 44（図 3 参照）を構成する Y リニアモータ 202A、202B の支持構造、及びウエハ W を XY 2 次元駆動するステージ装置 11' の構成の一部などが前述した第 1 の実施形態に係る露光装置 10 と異なるが、その他部分の構成等は、前述した第 1 の実施形態に係る露光装置 10 と同様になっている。従って、以下においては、上記相違点を中心として説明する。

まず、装置の基準となるベースプレートBPとして、本実施形態では、床面FD上に載置された長方形板状のものが用いられている。このベースプレートBP上に本体コラム14'、及びステージ装置11'等が搭載されている。

本体コラム14'は、ベースプレートBP上に設置された第1支持フレームとしてのリアクションフレーム252と、このリアクションフレーム252の下端部近傍に内側に向けて突設された第1の段部252a上に防振ユニット56A～56C（但し、図11においては、紙面奥側の防振ユニット56Aは図示省略）を介してほぼ水平に支持された第2支持フレームとしての鏡筒定盤58とを備えている。

リアクションフレーム252の上端部近傍には、第2の段部252bが内側に向けて突設されており、この段部252b上に、防振ユニット56A～56Cと同様にエアマウント60とボイスコイルモータ62とから成る防振ユニット56D、56E、56F、56G（但し、図11においては、紙面奥側の防振ユニット56F、56Gは図示省略）を介してレチクルベース定盤42がほぼ水平に支持されている。

本実施形態では、このレチクルベース定盤42の上方に、レチクルステージRSTが、その底面に固定された非接触ベアリングである複数のエアベアリング（エアパッド）254によって数ミクロン程度のクリアランスを介して浮上支持されている。

なお、このレチクルステージRSTとしては、実際には、前述した第1の実施形態と同様にレチクル粗動ステージとレチクル微動ステージとから構成される粗微動ステージが用いられている。

リアクションフレーム252の上面に第2部分照明光学系IOP2を支持する一対の支持部材41A、41Bが設けられている。また、リアクションフレーム252のX方向両側（図11における紙面内左右側）の脚部のY軸方向両側（図11における紙面奥側及び手前側）の側面には、前述した減衰部材85

と同様にピエゾセラミック素子等の圧電素子から成る減衰部材 2 5 6 がそれぞれ複数個上下方向に並べて取り付けられている。それぞれ上下方向に並べて配置された減衰部材 2 5 6 の内の 1 つは、そのリアクションフレームに生じる歪みが最大となる位置の近傍に配置されている。

前記 Y リニアモータ 2 0 2 A、2 0 2 B は、レチクルステージ R S T の X 軸方向両側面の Z 方向ほぼ中心位置に一体的に設けられそれぞれコイルを内蔵し Y 軸方向に延びる可動子 2 1 4 A、2 1 4 B と、これらの可動子 2 1 4 A、2 1 4 B にそれぞれ対向して Y 軸方向に延びる断面コ字状の一对の固定子 2 1 2 A、2 1 2 B とを備えている。固定子 2 1 2 A、2 1 2 B は、固定子ヨークとこの固定子ヨークの延設方向に沿って所定間隔で配置された交番磁界を生じさせる多数の永久磁石とによってそれぞれ構成されている。すなわち、本実施形態では、可動子 2 1 4 A と固定子 2 1 2 A、可動子 2 1 4 B と固定子 2 1 2 B とによって、それぞれムービングコイル型のリニアモータ 2 0 2 A、2 0 2 B が構成され、可動子 2 1 4 A、2 1 4 B はレチクルステージ R S T と一体的に対向する固定子 2 1 2 A、2 1 2 B との間の電磁氣的相互作用により Y 軸方向に駆動されるようになっている。

また、固定子 2 1 2 A、2 1 2 B とリアクションフレーム 2 5 2 の上面との間には、転がりガイド 2 5 8 がそれぞれ介装されている。転がりガイド 2 5 8 は、軸線が X 方向に延在し各軸線周りに回転する複数のコロが Y 方向に一定の間隔をおいて配置された構成になっており、固定子 2 1 2 A、2 1 2 B はコロの回転によりリアクションフレーム 2 5 2 に対して Y 軸方向に移動自在になっている。また、固定子 2 1 2 A、2 1 2 B それぞれの Y 軸方向両側には、一端がリアクションフレーム 2 5 2 に接続された一对の原位置復帰用のリターンズプリング（図示省略）の他端がそれぞれ接続されている。このレチクルステージ R S T は、X、Y 方向の移動ガイドを有さないガイドレスステージとなっている。

前記ステージ装置 1 1' は、前述したステージ装置 1 1 と以下の点において異なる。すなわち、減衰部材 8 5 が設けられたリアクションフレーム 8 4 A、8 4 B とベースプレート B P との間に、前述した転がりガイド 2 5 8 と同様に構成された転がりガイド 2 6 0 がそれぞれ介装されているとともに、リアクションフレーム 8 4 A、8 4 B（又は固定子 8 2 A、8 2 B）の Y 軸方向両側に上記と同様の原位置復帰用のリターンズプリングが接続されている。

その他の部分の構成等は、前述した第 1 の実施形態の露光装置 1 0 と同様にして構成されている。

このようにして構成された本第 4 の実施形態の露光装置 1 5 0 では、前述した露光装置 1 0 と同様にして露光処理工程の動作が行われる。例えば、走査露光時には、レチクルステージ R S T、ウエハステージ W S T が走査方向に駆動されると、それぞれの駆動力の反力で固定子 2 1 2 A、2 1 2 B、及びリアクションフレーム 8 4 A、8 4 B が各ステージと逆方向にそれぞれ移動して、それぞれの反力の低減とそれぞれのステージを含む系の重心移動に起因する偏荷重の発生を効果的に抑制することができる。このように、本実施形態では、リアクションフレーム 8 4 A、8 4 B により、ウエハ側のカウンターステージが構成され、固定子 2 1 2 A、2 1 2 B によってレチクル側のカウンターステージが構成されているが、固定子とは別に該固定子が設けられるカウンターステージを設けても良い。

例えば、レチクルステージ R S T とレチクルベース定盤 4 2 との間、及びレチクルステージ R S T（可動子 2 1 4 A）と固定子 2 1 2 A とリアクションフレーム 2 5 2 との 3 者間の摩擦力が零である場合には、運動量保存の法則により、上記反力を完全に吸収できるとともに上記重心移動に起因する偏荷重も零となる。

ところが、実際には、固定子 2 1 2 A、2 1 2 B とリアクションフレーム 2 5 2 との間には、転がりガイド 2 5 8 が存在するので、固定子 2 1 2 A、2 1

２Ｂとリアクションフレーム２５２との間の摩擦力は零とはならず、また、レチクルステージＲＳＴと固定子２１２Ａ、２１２Ｂとの移動方向が僅かに異なる等の理由で、リアクションフレーム２５２の６自由度方向の微少な振動が残留することとなる。しかし、かかるリアクションフレーム２５２の残留振動（及びこの要因となる反力）は、減衰部材２５６によって減衰されるので、レチクルステージＲＳＴの移動時（駆動時）の反力がリアクションフレーム２５２を介して他の部分に伝達されるのをほぼ確実に防止することができる。ウエハステージＷＳＴ側についても上記と同様のことが言える。

従って、本実施形態の露光装置１５０によると、ステージ駆動時の反力、及びこれに起因するリアクションフレーム２５２、及び８４Ａ、８４Ｂの振動を効果的に抑制して、この振動が投影光学系ＰＬの振動要因となるのをほぼ確実に防止することができ、該投影光学系ＰＬの振動に起因するパターン転写位置ずれや像ボケ等の発生を効果的に防止して露光精度の向上を図ることができる。また、レチクルステージＲＳＴ、ウエハステージＷＳＴの位置制御性が向上し、両ステージのより高加速度化、高速化、大型化が可能であるためスループットの向上をも図ることができる。なお、本第４の実施形態をレチクルステージＲＳＴのみならず、ウエハステージＷＳＴに適用しても良い。

なお、上記第４の実施形態の露光装置１５０と同様の露光装置が、例えば、ＰＣＴ／ＪＰ９９／０５５３９号（出願日：１９９９年１０月７日）に開示されており、本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記ＰＣＴ／ＪＰ９９／０５５３９号における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

なお、上記第１～第４の実施形態では、本発明に係るステージ装置が露光装置のステージ装置に適用された場合について説明したが、これに限らず、試料を高精度に位置制御（位置決めを含む）する必要がある精密機械等であれば、好適に適用できるものである。更に、第１～第４の実施形態は適宜組み合わせ

て、レチクルステージ R S T とウエハステージ W S T とに適用することができる。

また、上記各実施形態では、ステージ定盤（ステージベース）と本体コラムとが分離されたタイプの露光装置に本発明が適用された場合について説明したが、例えば、ステージベースが本体コラムの一部を構成する（例えば、ステージベースが鏡筒定盤に吊り下げ支持される）タイプの露光装置にも、本発明は好適に適用できる。

なお、上記各実施形態では、本発明が、スキャニング・ステッパに適用された場合について説明したが、マスクと基板とを静止した状態でマスクのパターンを基板に転写するとともに、基板を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置や、投影光学系を用いることなくマスクと基板とを密接させてマスクのパターンを基板に転写するプロキシミティ露光装置にも本発明は好適に適用できるものである。

また、本発明は、半導体素子製造用の露光装置に限らず、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを露光する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッドを製造するための露光装置にも広く適用できる。

また、本発明の露光装置の露光用照明光としては、A r F エキシマレーザ光に限らず、g 線（436 nm）、i 線（365 nm）、K r F エキシマレーザ光（248 nm）、F₂レーザ光（157 nm）、X 線や電子線などの荷電粒子線を用いることができる。例えば、電子線を用いる場合には電子銃として、熱電子放射型のランタンヘキサボライト（L a B₆）、タンタル（T a）を用いることができる。

更に、電子線を用いる場合は、マスクを用いる構成としても良いし、マスクを用いずに電子線による直接描画により基板上にパターンを形成する構成としても良い。すなわち、本発明は、電子光学系を用いる電子ビーム露光装置であれば、ペンシルビーム方式、可変成形ビーム方式、セルブプロジェクション方式、

ブランキング・アパーチャ方式、及びE B P Sのいずれのタイプであっても、適用が可能である。

また、投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでも良い。投影光学系としては、エキシマレーザなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や蛍石などの遠紫外線を透過する材料を用い、F₂レーザやX線を用いる場合は反射屈折系または反射系の光学系にし（レチクルも反射型タイプのもを用いる）、また、電子線を用いる場合には光学系として電子レンズおよび偏向器からなる電子光学系を用いれば良い。なお、電子線が通過する光路は真空状態にすることは言うまでもない。

また、波長200nm程度以下の真空紫外光（VUV光）を用いる露光装置では、投影光学系として反射屈折系を用いることも考えられる。この反射屈折型の投影光学系としては、例えば特開平8-171054号公報及びこれに対応する米国特許第5,668,672号、並びに特開平10-20195号公報及びこれに対応する米国特許第5,835,275号などに開示される、反射光学素子としてビームスプリッタと凹面鏡とを有する反射屈折系を用いることができる。また、特開平8-334695号公報及びこれに対応する米国特許第5,689,377号、並びに特開平10-3039号公報及びこれに対応する米国特許出願第873,605号（出願日：1997年6月12日）などに開示される、反射光学素子としてビームスプリッタを用いずに凹面鏡などを有する反射屈折系を用いることができる。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記各公報及びこれらに対応する米国特許、及び米国特許出願における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

この他、米国特許第5,031,976号、第5,488,229号、及び第5,717,518号に開示される、複数の屈折光学素子と2枚のミラー（凹面鏡である主鏡と、屈折素子又は平行平板の入射面と反対側に反射面が形成

される裏面鏡である副鏡)とを同一軸上に配置し、その複数の屈折光学素子によって形成されるレチクルパターンの中間像を、主鏡と副鏡とによってウエハ上に再結像させる反射屈折系を用いても良い。この反射屈折系では、複数の屈折光学素子に続けて主鏡と副鏡とが配置され、照明光が主鏡の一部を通して副鏡、主鏡の順に反射され、さらに副鏡の一部を通してウエハ上に達することになる。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

さらに、反射屈折型の投影光学系としては、例えば円形イメージフィールドを有し、かつ物体面側、及び像面側が共にテレセントリックであるとともに、その投影倍率が $1/4$ 倍又は $1/5$ 倍となる縮小系を用いても良い。また、この反射屈折型の投影光学系を備えた走査型露光装置の場合、照明光の照射領域が投影光学系の視野内でその光軸をほぼ中心とし、かつレチクル又はウエハの走査方向とほぼ直交する方向に沿って延びる矩形スリット状に規定されるタイプであっても良い。かかる反射屈折型の投影光学系を備えた走査型露光装置によれば、例えば波長 157 nm の F_2 レーザ光を露光用照明光として用いても 100 nm L/S パターン程度の微細パターンをウエハ上に高精度に転写することが可能である。

また、ウエハステージやレチクルステージの駆動系として米国特許第5,623,853号又は米国特許第5,528,118号等が開示されるリニアモータを用いても良く、かかる場合には、エアベアリングを用いたエア浮上型及びローレンツ力又はリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いても良い。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記各米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

また、ステージの駆動装置として平面モータを用いる場合、磁石ユニットと電機子ユニットのいずれか一方をステージに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットの他方をステージの移動面側に設ければ良い。

また、ステージは、ガイドに沿って移動するタイプでも良いし、ガイドを設けないガイドレスタイプでも良い。

レチクルステージの移動により発生する反力は、例えば特開平 8-33022 号公報及びこれに対応する米国特許第 5,874,820 号に開示されるように、フレーム部材を用いて機械的に床 F D (大地) に逃がしても良い。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の一部とする。

また、複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を露光装置本体に組み込み光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整(電気調整、動作確認等)をすることにより上記各実施形態の露光装置を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

また、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ、前述した実施形態の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに転写するステップ、デバイス組み立てステップ(ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む)、検査ステップ等を経て製造される。

以下、デバイス製造方法について更に詳細に説明する。

《デバイス製造方法》

次に、上述した露光装置をリソグラフィ工程で使用したデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

図 12 には、デバイス(ＩＣやＬＳＩ等の半導体チップ、液晶パネル、ＣＣＤ、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の製造例のフローチャートが示されている。図 12 に示されるように、まず、ステップ 301 (設計ステップ)において、デバイスの機能・性能設計(例えば、半導体デバイスの回路設計等)

を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ 302（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスク（レチクル）を製作する。一方、ステップ 303（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

次に、ステップ 304（ウエハ処理ステップ）において、ステップ 301～ステップ 303 で用意したマスク（レチクル）とウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ 305（デバイス組立ステップ）において、ステップ 304 で処理されたウエハを用いてデバイス組立を行う。このステップ 305 には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。

最後に、ステップ 306（検査ステップ）において、ステップ 305 で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

図 13 には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ 304 の詳細なフロー例が示されている。図 13 において、ステップ 311（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ 312（CVD ステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 313（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 314（イオン打込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ 311～ステップ 314 それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ 315（レジスト形成ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ 316（露光ステップ）において、上記各実施形態の露光装置を

用いてマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ３１７（現像ステップ）においては露光されたウエハを現像し、ステップ３１８（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ３１９（レジスト除去ステップ）において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

以上説明した本実施形態のデバイス製造方法によると、露光工程（ステップ３１６）において上記各実施形態の露光装置を用いて露光が行われるので、露光精度及びスループットの向上により、高集積度のデバイスの生産性を向上することができる。

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明に係るステージ装置は、試料の高精度な位置制御性が要求される精密機械の試料用ステージとして適している。また、本発明に係る露光装置は、集積回路等のマイクロデバイスを製造するリソグラフィ工程において、微細パターンをウエハ等の基板上に精度良く複数層重ねて形成するのに適している。また、本発明に係るデバイス製造方法は、微細なパターンを有するデバイスの製造に適している。

請 求 の 範 囲

1. 試料を保持する試料ステージと；

前記試料ステージを少なくとも一方向に駆動するステージ駆動機構と；

前記ステージ駆動機構の少なくとも一部が接続され、前記試料ステージの駆動により生じる反力が伝達される第1の伝達部材と；

前記第1の伝達部材に設けられ、前記第1の伝達部材の振動を減衰させる第1の減衰部材とを備えることを特徴とするステージ装置。

2. 請求項1に記載のステージ装置において、

前記ステージ駆動機構は、前記第1の伝達部材に設けられた固定子と、該固定子との間の電磁氣的相互作用によって前記試料ステージとともに駆動される可動子とを有することを特徴とするステージ装置。

3. 請求項1に記載のステージ装置において、

前記第1の減衰部材は、前記第1の伝達部材の最大歪みが生じる位置に取り付けられていることを特徴とするステージ装置。

4. 請求項1に記載のステージ装置において、

前記第1の減衰部材は、両端に電極を有する圧電素子であり、前記電極がそれぞれ抵抗素子を介して接地されていることを特徴とするステージ装置。

5. 請求項1に記載のステージ装置において、

前記第1の減衰部材は、電気的エネルギーの印加により力学的な歪みを生じる電気－機械変換素子であり、

前記試料ステージの駆動によって生じる反力に応じて前記電気－機械変換素

子を制御する制御装置を更に備えることを特徴とするステージ装置。

6. 請求項 5 に記載のステージ装置において、

前記制御装置は、前記試料ステージの駆動力の指令値に基づいて前記電気－機械変換素子を制御することを特徴とするステージ装置。

7. 請求項 6 に記載のステージ装置において、

前記制御装置は、前記反力によって前記第 1 の伝達部材に生じる変形を相殺するような撓み変形を前記電気－機械変換素子が前記第 1 の伝達部材に発生させるように、前記電気－機械変換素子に対する印加電圧をフィードフォワード制御することを特徴とするステージ装置。

8. 請求項 1 に記載のステージ装置において、

前記試料ステージを移動可能に支持するとともに、前記第 1 の伝達部材に支持されたステージベースを更に備えることを特徴とするステージ装置。

9. 請求項 1 に記載のステージ装置において、

前記試料ステージは、前記一方向に移動する第 1 ステージと、前記試料を保持して前記第 1 ステージに対して相対移動可能な第 2 ステージとを有することを特徴とするステージ装置。

10. 請求項 9 に記載のステージ装置において、

前記第 2 ステージの駆動によって生じる反力が前記第 1 ステージを介して伝達される第 2 の伝達部材と；

前記第 2 の伝達部材を前記一方向に駆動するリニアアクチュエータと；

前記第 2 の伝達部材に設けられ、前記第 2 ステージの駆動によって生じる反

力に起因する前記第 2 の伝達部材の振動を減衰させる第 2 の減衰部材と；

前記第 1 ステージと前記第 2 の伝達部材とが一体的に前記一方向に移動するように、前記ステージ駆動機構及び前記リニアアクチュエータを制御する第 1 の制御装置とを更に備えることを特徴とするステージ装置。

11. 請求項 10 に記載のステージ装置において、

前記第 2 の減衰部材は、前記第 2 の伝達部材の最大歪みが生じる位置に取り付けられていることを特徴とするステージ装置。

12. 請求項 10 に記載のステージ装置において、

前記第 2 の減衰部材は、電気的エネルギーの印加により力学的な歪みを生じる電気－機械変換素子であり、

前記第 2 ステージの駆動によって生じる反力に応じて前記電気－機械変換素子を制御する第 2 の制御装置を更に備えることを特徴とするステージ装置。

13. 請求項 12 に記載のステージ装置において、

前記第 2 の制御装置は、前記第 2 ステージの駆動力の指令値に基づいて前記電気－機械変換素子を制御することを特徴とするステージ装置。

14. 請求項 13 に記載のステージ装置において、

前記第 2 の制御装置は、前記反力によって前記第 2 の伝達部材に生じる変形を相殺するような撓み変形を前記電気－機械変換素子が前記第 2 の伝達部材に発生させるように、前記電気－機械変換素子に対する印加電圧をフィードフォワード制御することを特徴とするステージ装置。

15. パターンを有した試料であるマスクを保持して移動するマスクステー

ジを含むマスクステージ装置と、前記パターンが転写される試料である基板を保持して移動する基板ステージを含む基板ステージ装置とを備えた露光装置において、

前記マスクステージ装置及び前記基板ステージ装置の少なくとも一方として、請求項１～１４のいずれか一項に記載のステージ装置を用いたことを特徴とする露光装置。

１６． 請求項１５に記載の露光装置において、

前記マスクと前記基板との間に配置され、前記パターンを前記基板に投影する投影光学系を更に備えることを特徴とする露光装置。

１７． 請求項１６に記載の露光装置において、

前記第１の伝達部材とは振動に関して独立し、前記投影光学系を保持する保持部を更に備えることを特徴とする露光装置。

１８． 請求項１５に記載の露光装置において、

前記パターンを前記基板に転写する際に、前記マスクと前記基板とを同期して移動させる制御装置を更に備えることを特徴とする露光装置。

１９． ステージが移動している間にパターンを基板に形成する露光装置であって、

前記ステージを移動可能に支持するステージベースと；

前記ステージの移動に応じて、前記ステージとは反対方向に移動するカウンターステージと；

前記ステージベースとは独立して配置され、前記カウンターステージを移動可能に支持する第１支持フレームと；

前記第 1 支持フレームに設けられ、該第 1 支持フレームの振動を減衰させる減衰部材とを備えることを特徴とする露光装置。

20. 請求項 19 に記載の露光装置において、

前記ステージは、前記基板を保持して移動する基板ステージであることを特徴とする露光装置。

21. 請求項 19 に記載の露光装置において、

前記ステージは、前記パターンが形成されたマスクを保持して移動するマスクステージであることを特徴とする露光装置。

22. 請求項 19 に記載の露光装置において、

前記カウンターステージに少なくとも一部が接続され、前記ステージを駆動する駆動装置を更に備えることを特徴とする露光装置。

23. 請求項 22 に記載の露光装置において、

前記駆動装置は、可動子と固定子とを有し、該固定子が前記カウンターステージに設けられていることを特徴とする露光装置。

24. 請求項 19 に記載の露光装置において、

前記カウンターステージの位置を原点に復帰する原位置復帰機構を更に備えることを特徴とする露光装置。

25. 請求項 19 に記載の露光装置において、

前記パターンを前記基板に投影する投影光学系と；

前記第 1 支持フレームとは振動に関して独立して設けられ、前記投影光学系

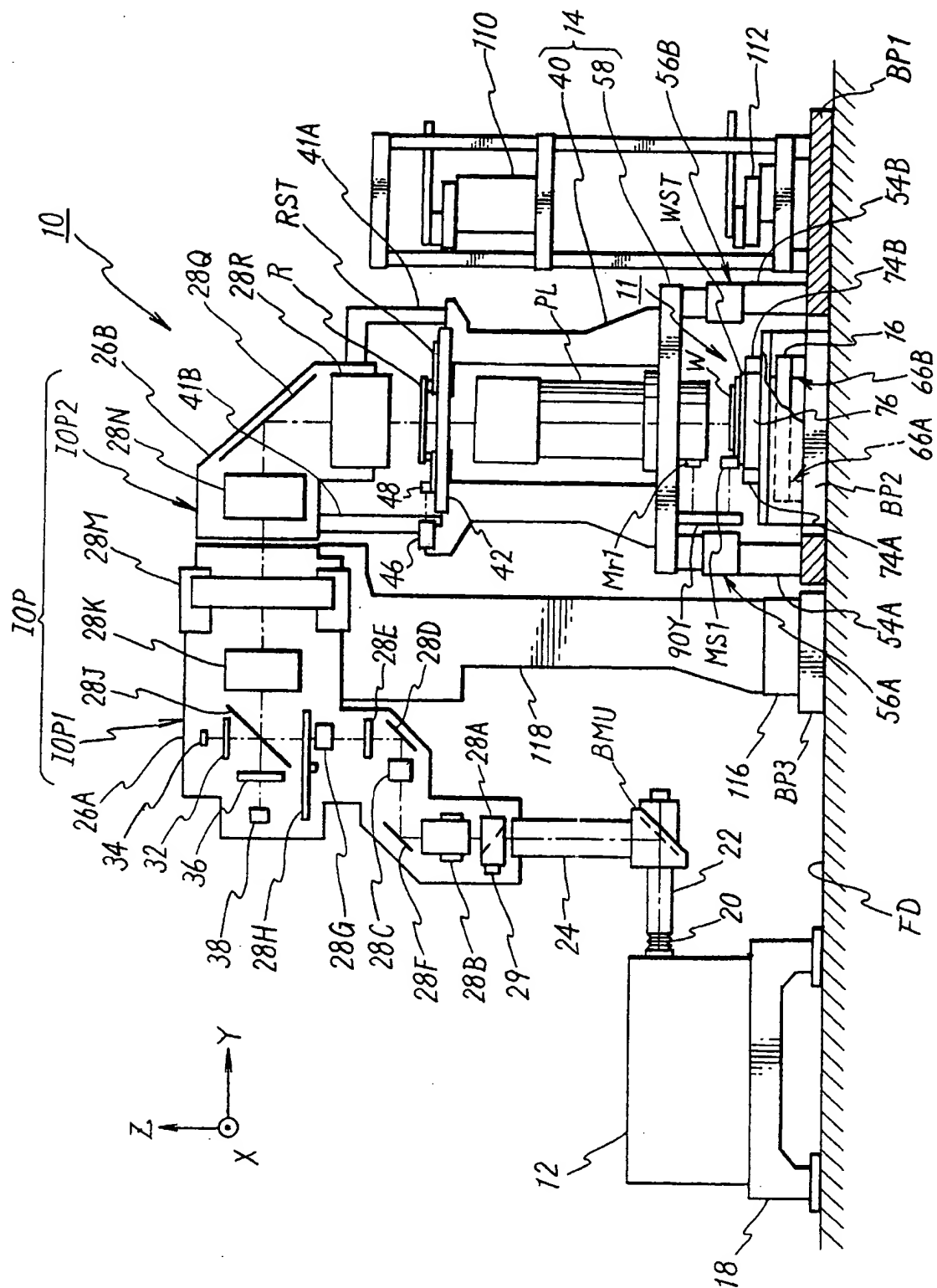
を支持する第2支持フレームと；を更に備えることを特徴とする露光装置。

26. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程において、請求項16～25のいずれか一項に記載の露光装置を用いて露光を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

27. 請求項26に記載のデバイス製造方法によって製造されたデバイス。

F i g . 1



F i g . 2

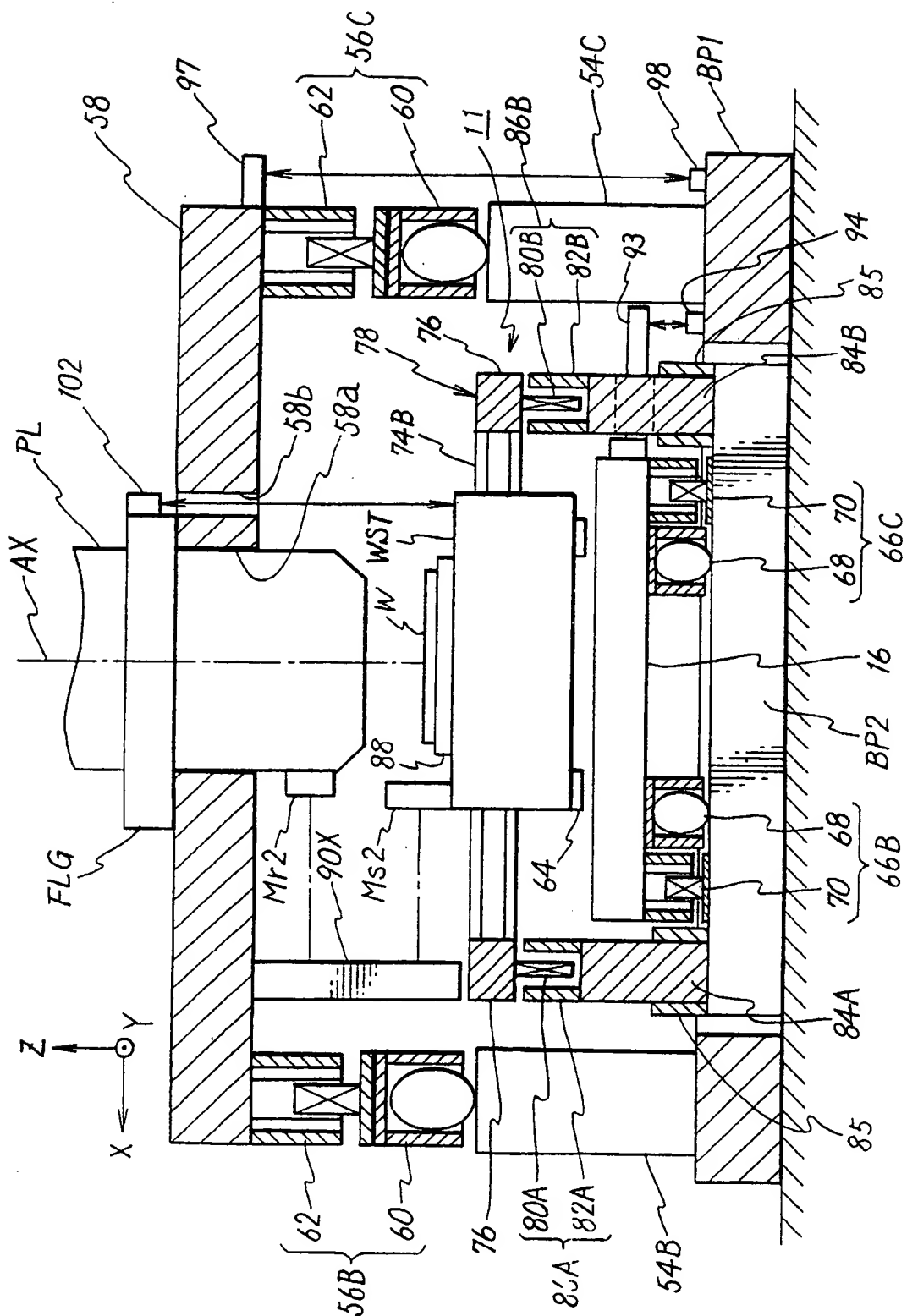


Fig. 3

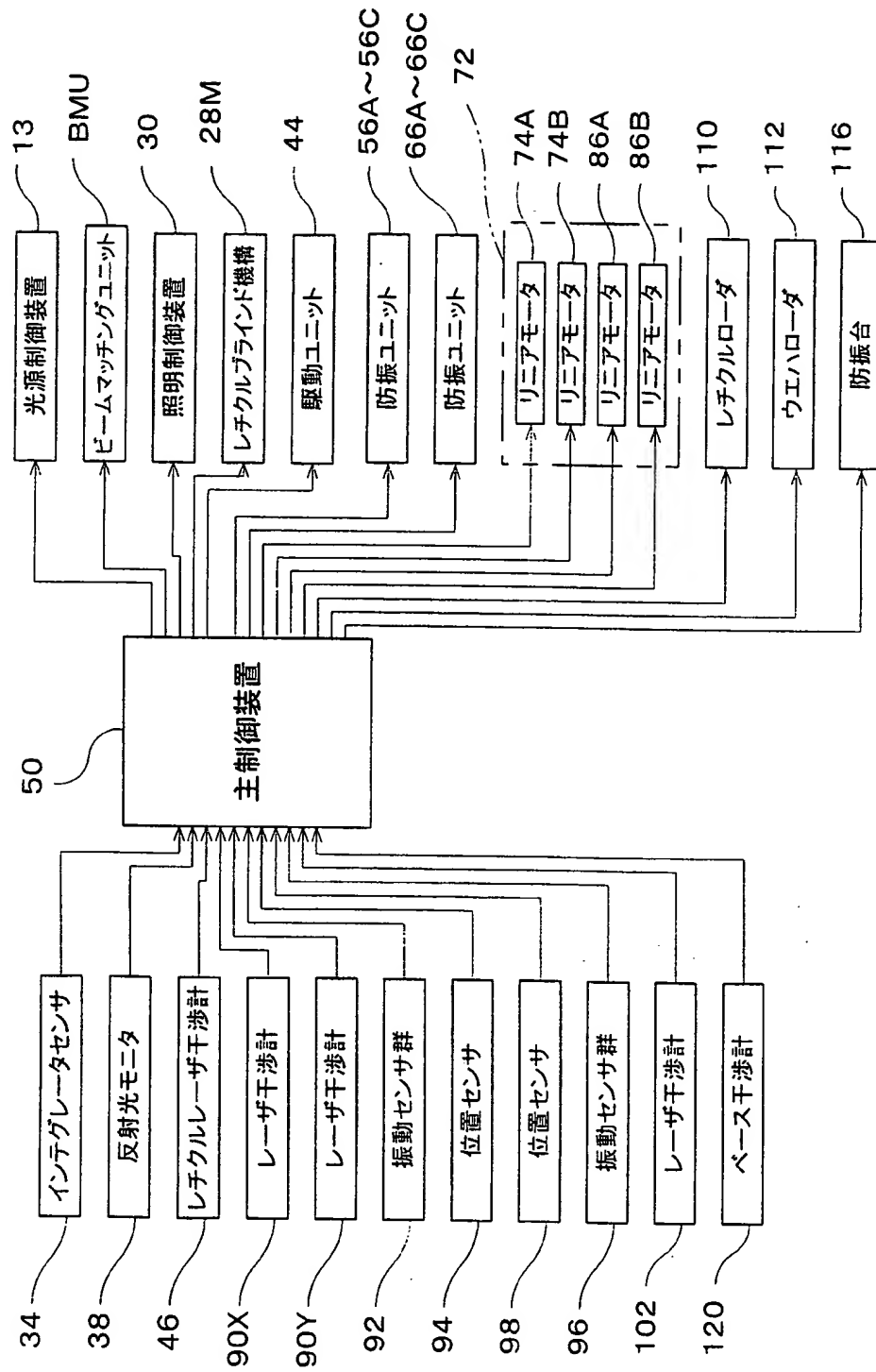


Fig. 4

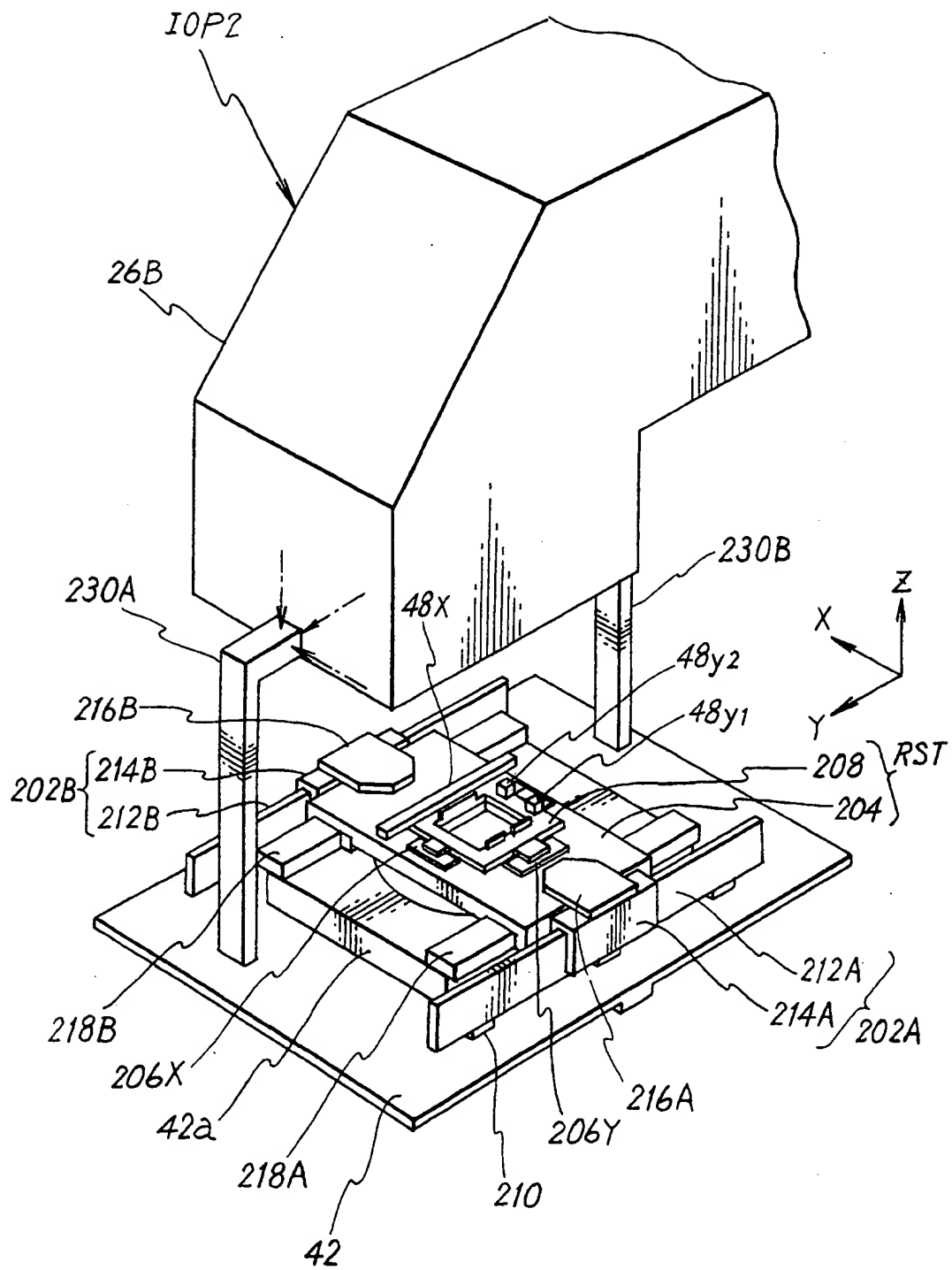


Fig. 6

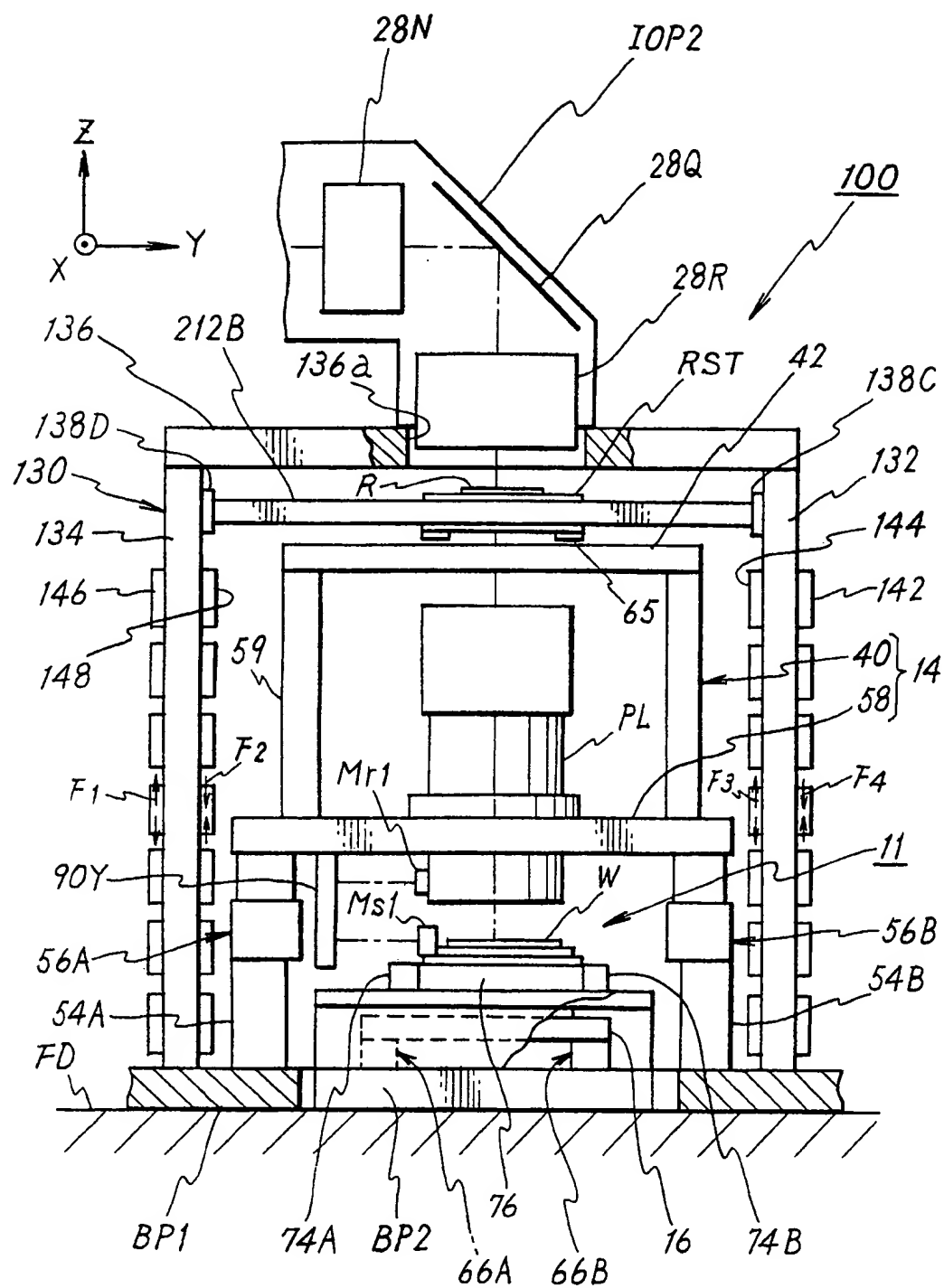


Fig. 8

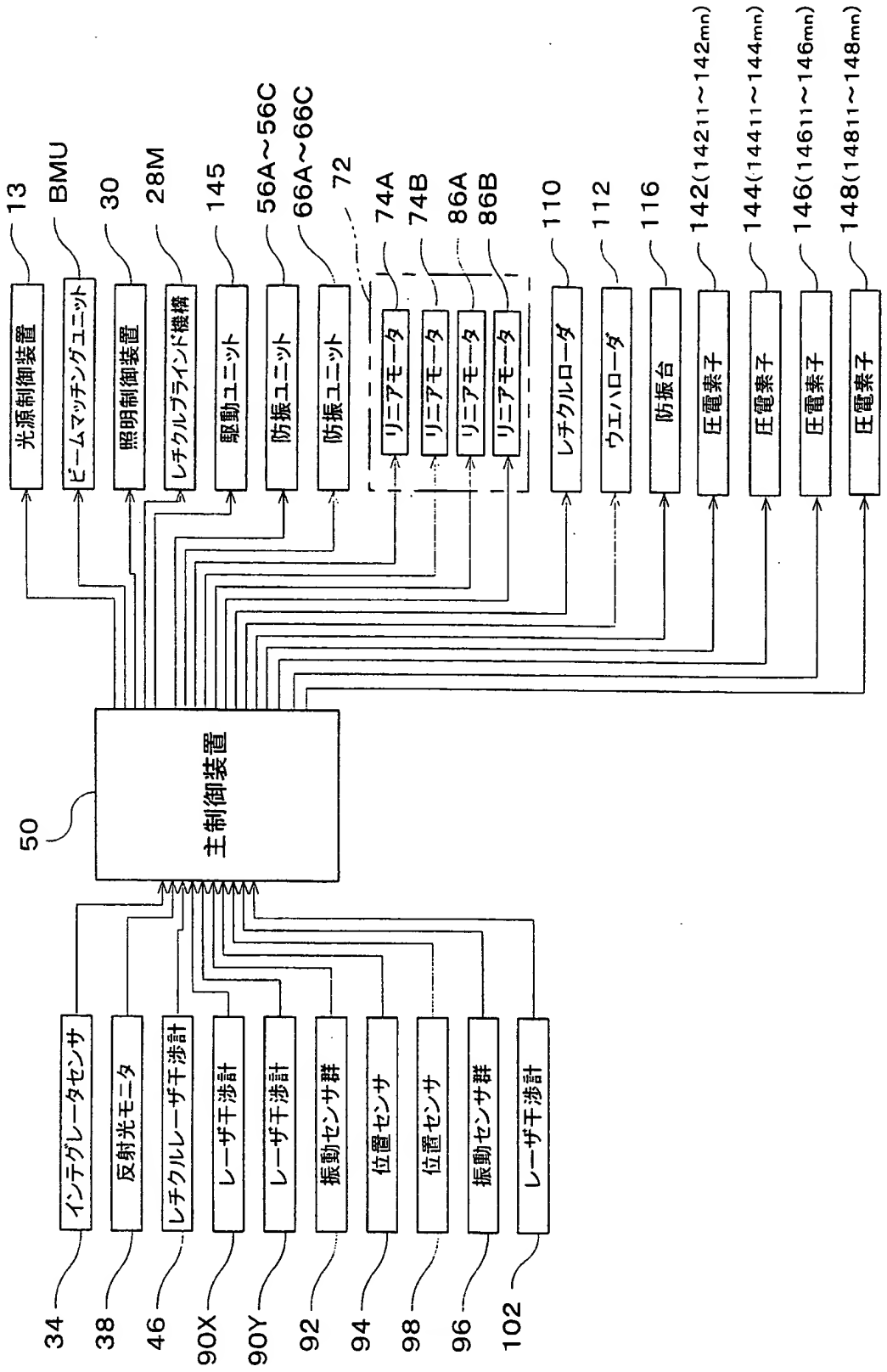


Fig. 9

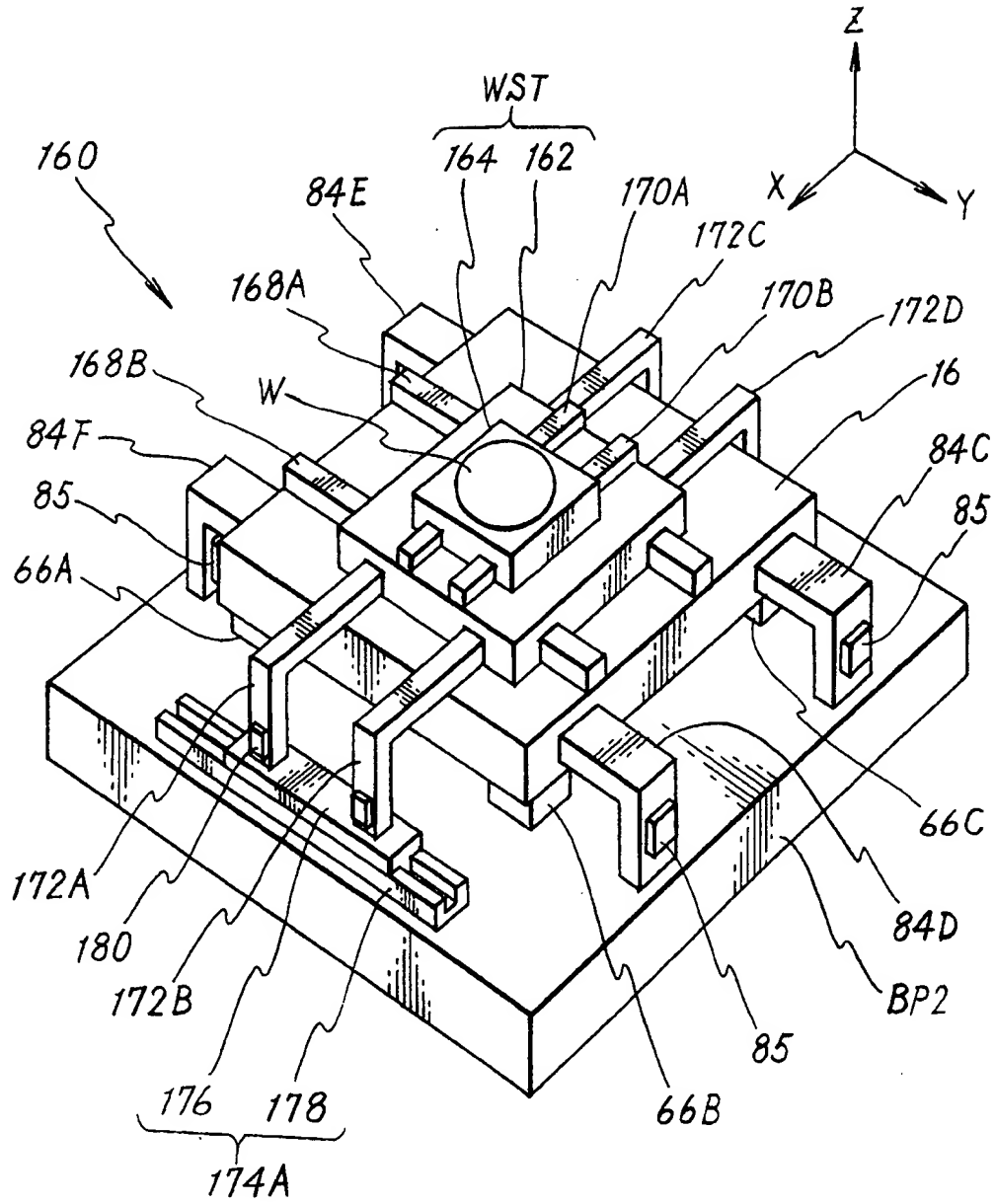


Fig. 10

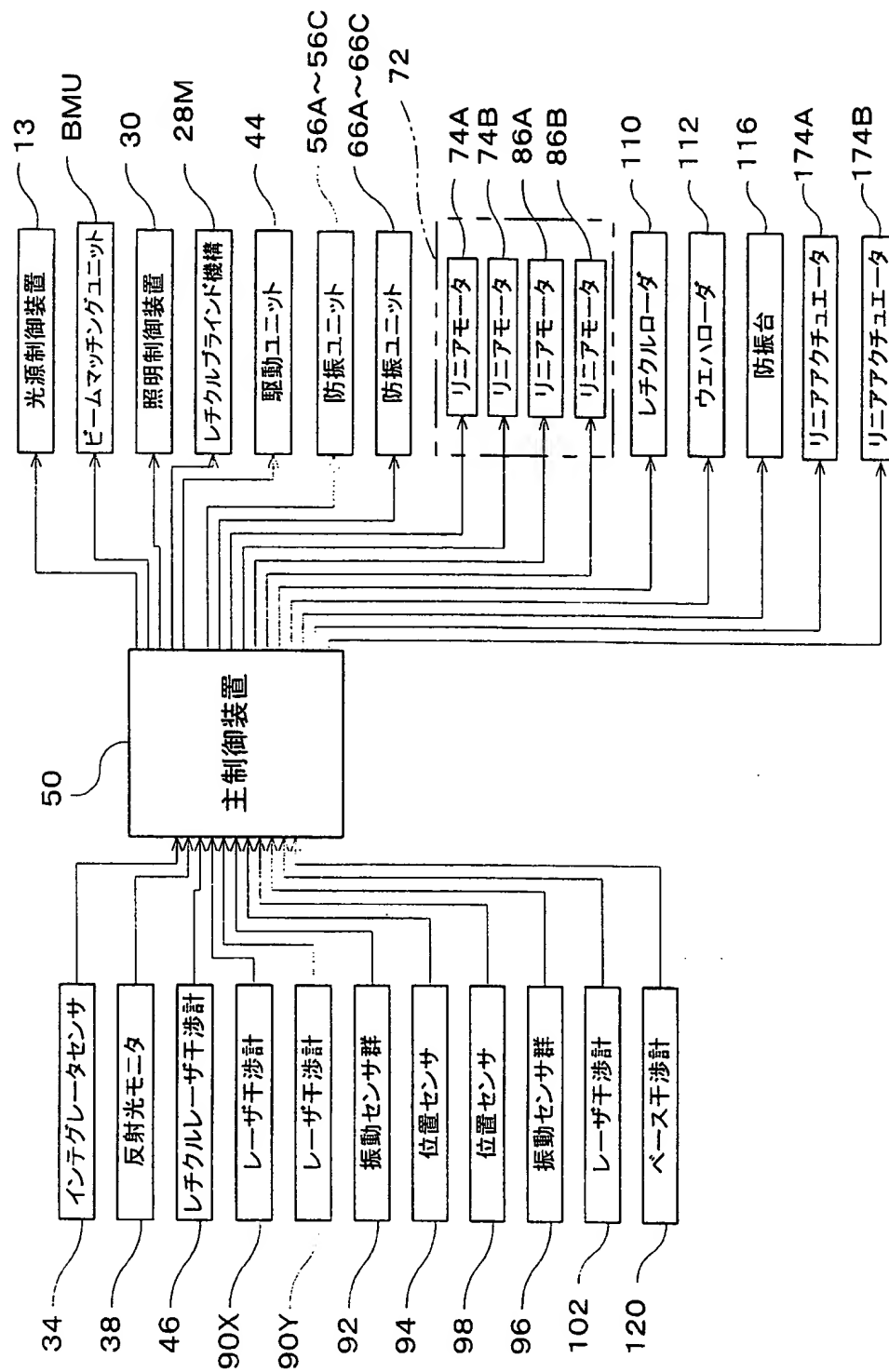


Fig. 11

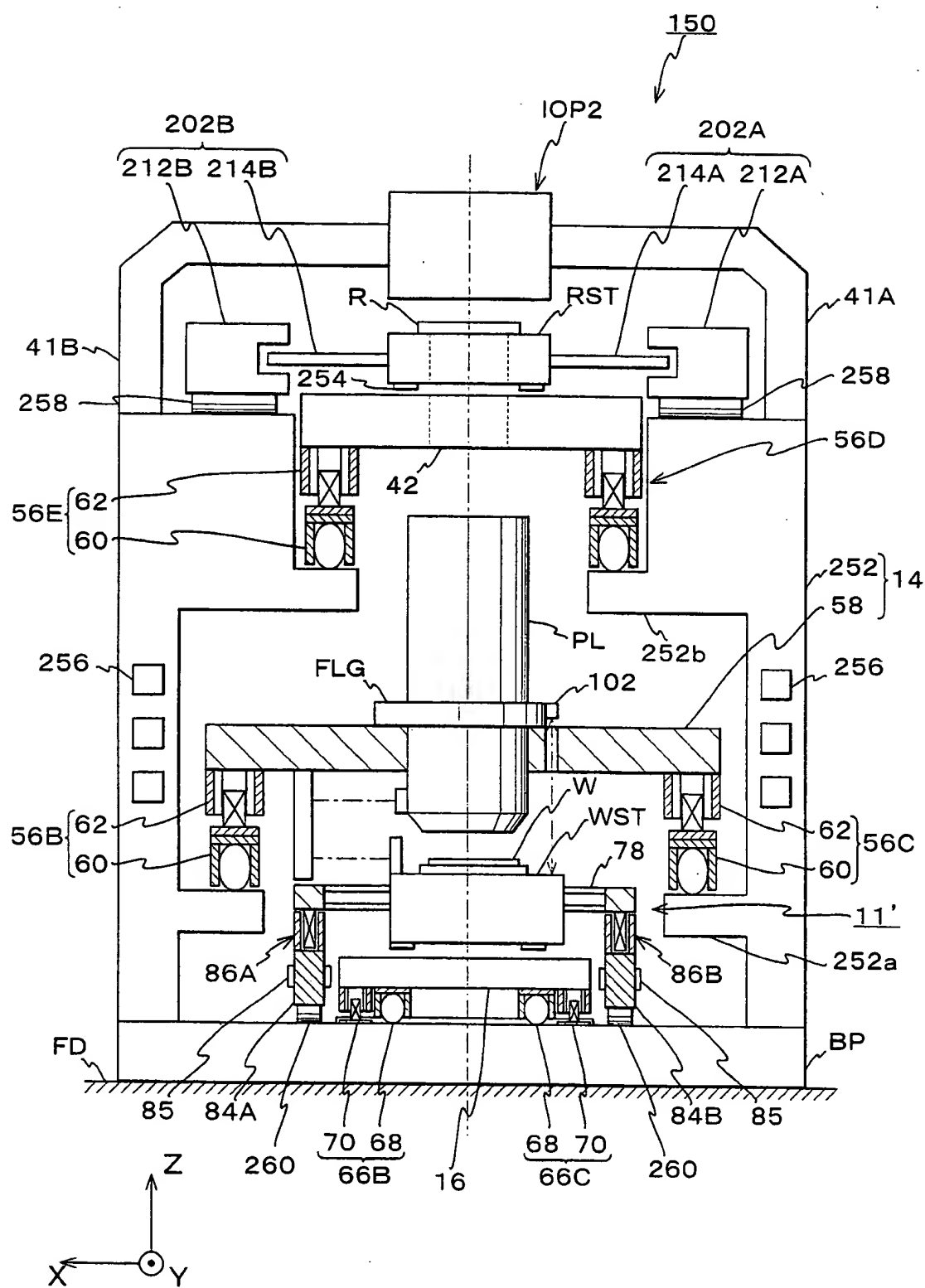


Fig. 12

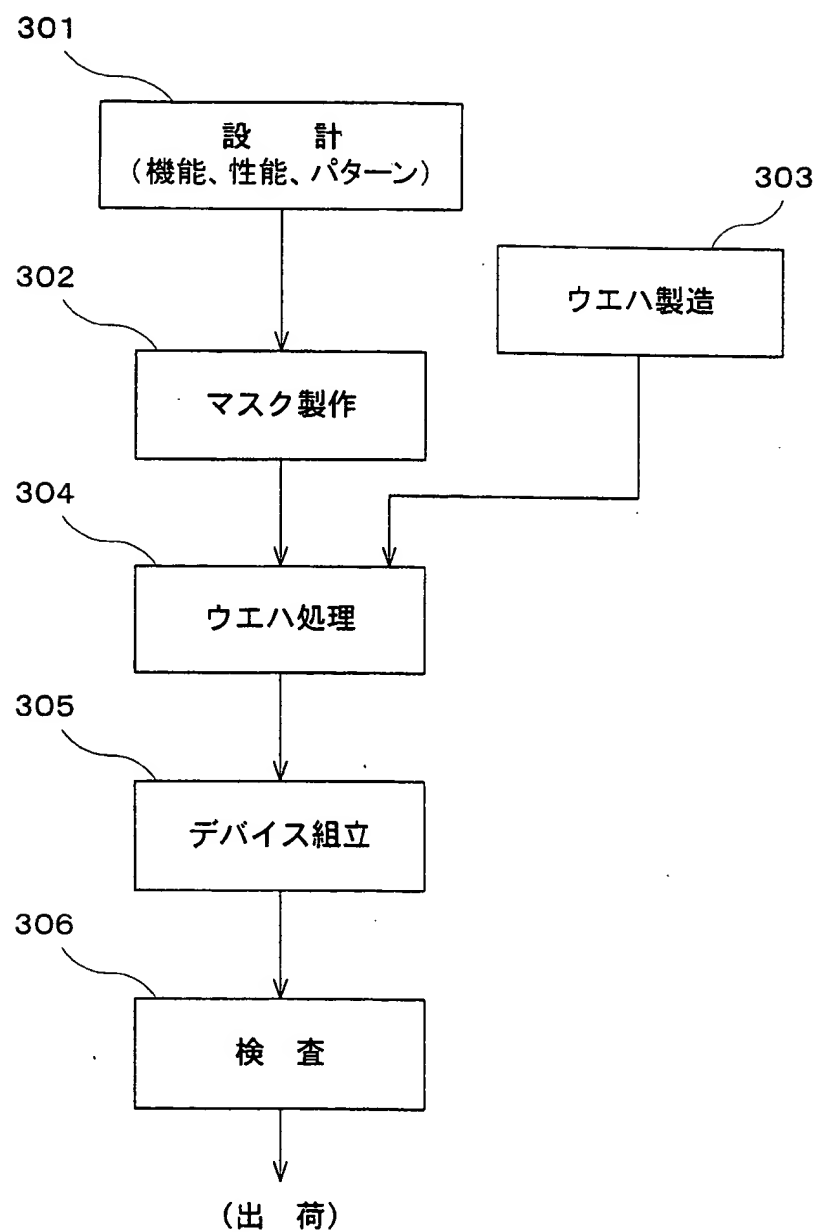
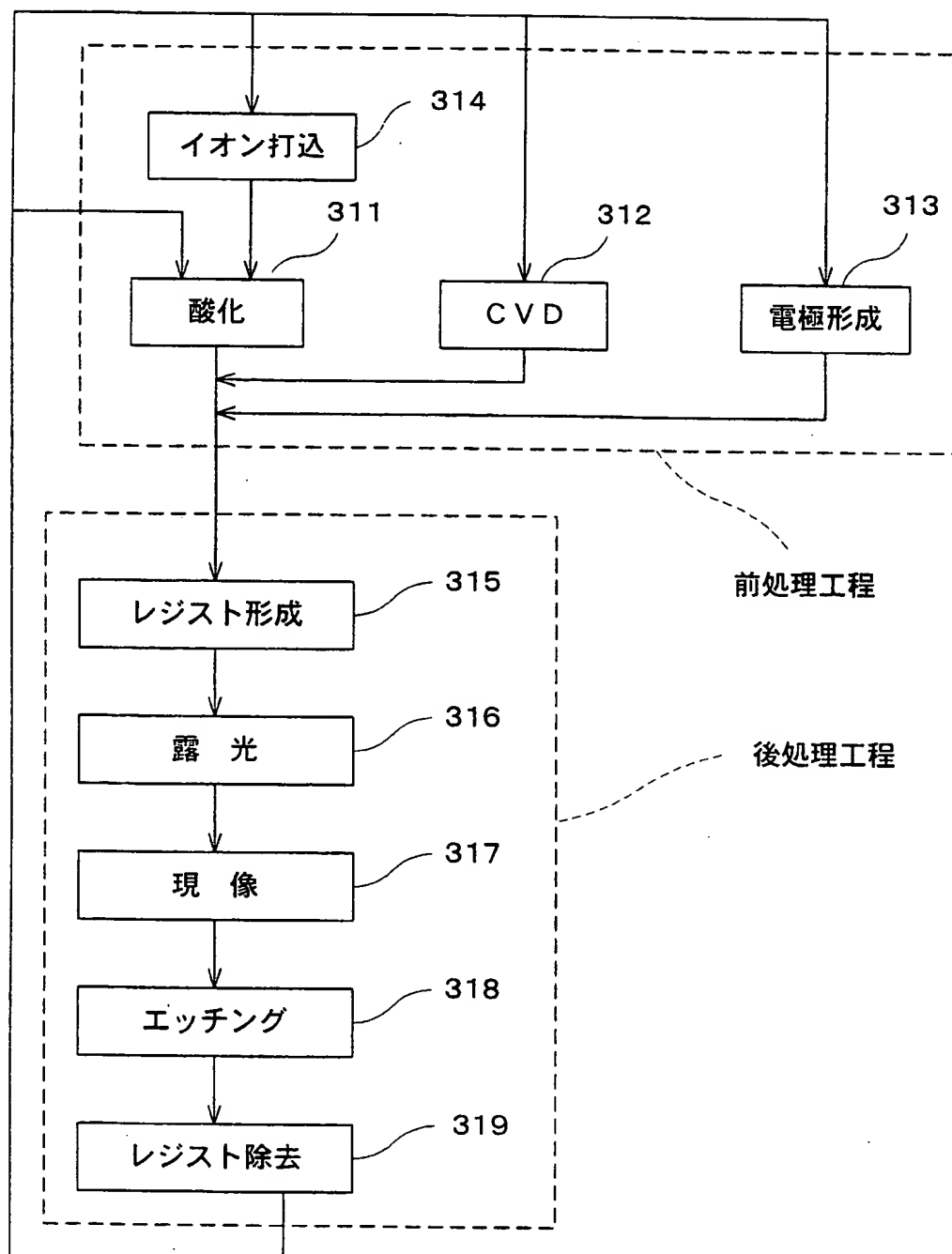


Fig. 13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/05928

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 10-125593, A (Canon Inc.), 15 May, 1998 (15.05.98) (Family: none)	1-3, 8-11, 15-27
Y		4-7, 12-14
X	JP, 10-270309, A (NIKON CORPORATION), 09 October, 1998 (09.10.98) (Family: none)	1, 3, 8-11, 15-27
Y		4-7, 12-14
Y	JP, 6-120105, A (Canon Inc.), 28 April, 1994 (28.04.94) (Family: none)	4-7, 12-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search
11 January, 2000 (11.01.00)

Date of mailing of the international search report
18 January, 2000 (18.01.00)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H01L21/027, G03F7/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H01L21/027, G03F7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-1999年

日本国登録実用新案公報 1994-1999年

日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 10-125593, A (キヤノン株式会社) 15. 5月. 1998 (15. 05. 98) (ファミリーなし)	1-3, 8-11, 15-27
Y		4-7, 12-14
X	JP, 10-270309, A (株式会社ニコン) 9. 10月. 1998 (09. 10. 98) (ファミリーなし)	1, 3, 8-11, 15-27
Y		4-7, 12-14
Y	JP, 6-120105, A (キヤノン株式会社) 28. 4月. 1994 (28. 04. 94) (ファミリーなし)	4-7, 12-14

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 01. 00

国際調査報告の発送日

18.01.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

芝 哲央

2M

7810

電話番号 03-3581-1101 内線 6221